

**PEMROGRAMAN KOMPUTER UNTUK STRUKTUR  
PELAT BETON BERTULANG BERDASARKAN SNI 03-2847-2002  
DENGAN *VISUAL BASIC***

**PROYEK AKHIR**

Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan  
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya



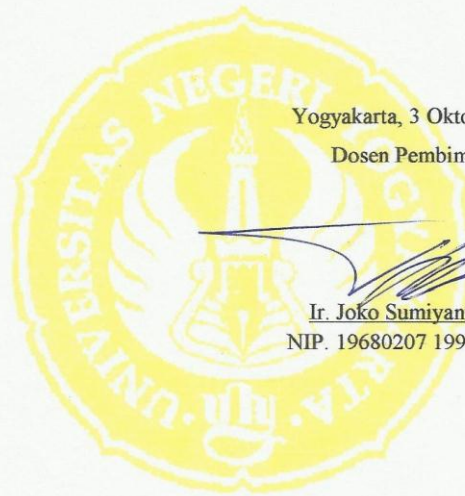
**Disusun Oleh :**

**NADIATUS SOBRINA**  
**NIM. 10510131014**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2013**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Proyek Akhir yang berjudul **“Pemrograman Komputer untuk Struktur Pelat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2002 dengan Visual Basic”** ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



Yogyakarta, 3 Oktober 2013

Dosen Pembimbing

  
Ir. Joko Sumiyanto, MT.

NIP. 19680207 199512 1 001

**PENGESAHAN**  
**PROYEK AKHIR**  
**PEMROGRAMAN KOMPUTER UNTUK STRUKTUR PELAT BETON**  
**BERTULANG BERDASARKAN SNI 03-2847-2002 DENGAN *VISUAL***  
***BASIC***

Disusun oleh :

NADIATUS SOBRINA  
10510131014


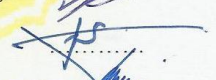

Telah Dipertahankan di depan Penguji Proyek Akhir  
Jurusan Pendidikan Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

Pada Tanggal : 11 Oktober 2013

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh gelar Ahli Madya D3

Susunan Panitia Penguji


Nama Lengkap	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
1. Ir. Joko Sumiyanto, MT.	: Ketua Penguji		21/10 <sup>13</sup>
2. Drs. Agus Santoso, M.Pd	: Penguji I		18/10 <sup>13</sup>
3. Pramudiyanto, S.Pd.T, M.Eng.	: Penguji II		21/10 <sup>13</sup>

Yogyakarta, 21 Oktober 2013

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

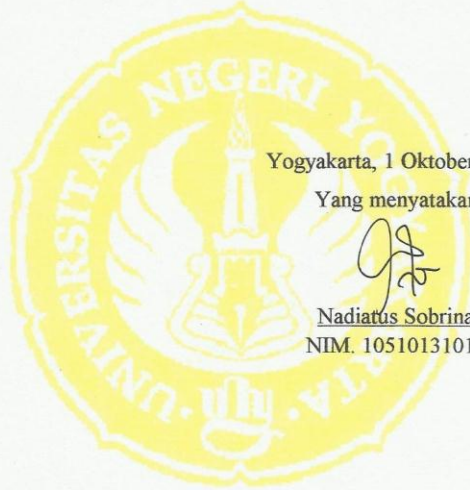


  
Dr. Moch. Bruri Triyono, M.Pd.

NIP. 19560216 198603 1 003

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Proyek Akhir yang berjudul **“Pemrograman Komputer untuk Struktur Pelat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2002 dengan Visual Basic”** benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali dengan acuan kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang sudah lazim.



Yogyakarta, 1 Oktober 2013

Yang menyatakan

Nadiatus Sobrina

NIM. 10510131014

## MOTTO

Hal yang paling penting tentang seseorang, bukanlah dimana dia  
berdiri, tetapi ke arah mana dia menuju  
(Oliver Wendell Holmes)

Segala sesuatu yang besar, berawal dari hal-hal yang kecil

Hanya mereka yang berani mengalami kegagalan besar yang  
akan meraih kesuksesan besar  
(Robert F. Kennedy)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Ibu Binti Rokhimah dan Bapak Chamim Thohari tercinta, yang selalu memberikan motivasi dan kasih sayang yang tidak pernah lepas

Adek ku tersayang Ervin Khoirus Syifa' Uddin

Ibu Sitti Rahmah Umniyati yang memberikan dukungan, baik moril maupun materiil

Gina dan Wulan, teman seperjuangan TPA pemrograman yang selalu memberikan banyak masukan dan motivasi dalam penyelesaian Proyek Akhir ini

Sahabat tercinta Mamak Yuuni, Mamah Angin, Oma Hussna, Kuning Tari dan Marucil Astri kalian sangat luar biasa ☺ dan membuat hari-hari ku di Jogja semakin berwarna

Teman-teman kost Sari, Fatih, April, Xenia dan Mas Krisna

Teman-teman seperjuangan angkatan 2010 yang selalu memberikan semangat, dukungan, doa dan saran.

**PEMROGRAMAN KOMPUTER UNTUK STRUKTUR PELAT BETON  
BERTULANG BERDASARKAN SNI 03-2847-2002  
DENGAN *VISUAL BASIC***

**ABSTRAK**

Nadiatus Sobrina  
NIM. 10510131014

Perencanaan dan analisis struktur pelat beton bertulang dengan perhitungan manual memiliki resiko kekeliruan dalam perhitungan yang lebih tinggi karena banyaknya proses hitungan dan membutuhkan waktu yang lama untuk menghitung elemen-elemen struktur pada bangunan yang memiliki ragam bervariasi sehingga bisa berakibat pada tingkat ketelitian yang berkurang bahkan kesalahan dalam menghitung. Tujuan pembahasan pemrograman ini adalah membantu pengguna untuk mempermudah dan mempercepat proses perencanaan dan analisis perhitungan struktur pelat beton bertulang berdasarkan SNI 03-2847-2002.

Pada tugas akhir ini program komputer dirancang dengan menggunakan *Visual Basic*, dengan bahasanya yang mudah dimengerti dan sederhana untuk pembuatan aplikasi *Microsoft Windows* secara mudah dan cepat. Program dibuat dengan *source code* yang sesuai dengan SNI 03-2847-2002 tentang tata cara perhitungan beton untuk bangunan gedung. Validasi program ini dilakukan antara hasil perhitungan secara manual dengan hasil keluaran dari program ini.

Hasil dari salah satu contoh perhitungan struktur pelat beton bertulang secara manual versus program memberikan hasil jarak tulangan pokok untuk tumpuan sederhana secara manual dipakai D19-170 dengan program dipakai D19-170 dengan jumlah tulangan secara manual 6D19, dengan program 6D19, analisis pada tumpuan sederhana secara manual di dapat  $\emptyset M_n = 32,346 \text{ kNm}$ , dengan program  $\emptyset M_n = 32,346 \text{ kNm}$ . Terlihat bahwa perhitungan secara manual dan program memiliki selisih sangat kecil, maka program ini bisa sebagai alternatif perhitungan struktur pelat beton bertulang.

**Kata kunci : pelat, analisis, perencanaan, program, *visual basic***

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan serta hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Proyek Akhir yang berjudul “Pemrograman Komputer untuk Struktur Pelat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2002” dengan lancar. Tidak lupa Sholawat serta salam semoga senantiasa terlimpah kepada Nabi Muhammad SAW.

Dalam penyusunan Proyek Akhir yang di buat untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik untuk mahasiswa program studi D3 ini penyusun banyak mendapat pengarahan, bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan yang baik ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu dan Bapak yang selalu memberikan dukungan.
2. Ir. Joko Sumiyanto, MT. selaku pembimbing Proyek Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingannya selama persiapan, pelaksanaan dan penyusunan sampai proyek akhir ini selesai.
3. Ir. Ilham Marsudi, M.Kom selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Mas Wahyu Budhi Utomo dan Mas Anjas Budi Prasetyo yang memberikan pelajaran tentang pemrograman ini.
5. Teman seperjuangan Proyek Akhir tentang pemrograman, Ginanjar Arif dan Wahyu Munajat Wulan.
6. Sahabat-sahabat terbaik Sri Wachyuni, Puji Sri Lestari, Tsalisatul Husna, Anyntya Finanty, Astri Rostikasari, Fitria Afriani Maulida, dan Elok Fajar Sagita.
7. Sahabat-sahabat seperjuangan di kelas C, terima kasih atas semua dukungan, bantuan dan saran.
8. Staff dan karyawan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT UNY. Serta semua pihak yang terlibat dalam pembuatan Proyek Akhir yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.



Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan proyek akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, atau masih banyak kekurangan karena keterbatasan kemampuan penyusun. Oleh karena itu saran, kritik dan masukan sangat penyusun harapkan untuk kesempurnaan proyek akhir ini. Semoga proyek akhir yang berjudul **“Pemrograman Komputer untuk Struktur Pelat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2002”** dapat bermanfaat bagi para pembaca dan khususnya bagi penyusun.

Yogyakarta, 1 Oktober 2013

Penyusun

Nadiatus Sobrina

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	3
C. Batasan Masalah .....	3
D. Rumusan Masalah .....	4
E. Tujuan .....	4
F. Manfaat .....	5
<b>BAB II. DASAR TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
A. Umum .....	6
B. Teori Pelat Beton Bertulang .....	7
1. Peraturan dan Standar Perencanaan Struktur Beton Bertulang .....	7
2. Pelat Lentur.....	8
3. Visual Basic Express 2010 .....	17

4. Kajian Sebelumnya .....	30
<b>BAB III. METODE DAN PROSEDUR PEMROGRAMAN .....</b>	<b>32</b>
A. Bagan Alir .....	32
B. Langkah Pembuatan Program .....	40
<b>BAB IV. CONTOH SOAL/PERMASALAHAN,</b>	
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>51</b>
A. Perhitungan Manual .....	51
B. Perhitungan Struktur Pelat Beton Bertulang dengan Program	
RC-SLAB v1.0 .....	103
C. Validasi Program Komputer .....	106
D. Pembahasan .....	148
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>159</b>
A. Simpulan .....	159
B. Saran .....	159
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>161</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak diperhitungkan .....	10
Tabel 2.2 Distribusi Momen Terfaktor .....	17
Tabel 2.3. Tipe Data <i>Visual Basic</i> .....	24
Tabel 3.1. Komponen Menu Utama .....	46
Tabel 3.2. Komponen Tampilan Perencanaan Pelat Beton Bertulang dengan Tumpuan Sederhana .....	48
Tabel 3.3. Komponen Tampilan Analisis Pelat Beton Bertulang .....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Terminologi balok/pelat satu arah di atas banyak tumpuan .....	13
Gambar 2.2 : Tampilan utama Visual Basic 2010 .....	20
Gambar 2.3 : <i>Menubar</i> .....	21
Gambar 2.4 : <i>Solution Explorer</i> .....	21
Gambar 2.5 : <i>Properties</i> .....	22
Gambar 2.6 : <i>Componen Toolbox</i> .....	23
Gambar 2.7 : <i>Form Designer</i> .....	23
Gambar 2.8 : <i>Code Edition</i> .....	24
Gambar 3.1 : Bagan Alir Perencanaan Struktur Pelat dengan Tumpuan Sederhana .....	32
Gambar 3.2 : Bagan Alir Perencanaan Struktur Pelat Beton bertulang dengan Bentang Menerus .....	34
Gambar 3.3 : Bagan Alir Analisis Pelat dengan Tumpuan Sederhana .....	36
Gambar 3.4 : Bagan Alir Analisis Pelat dengan Bentang Menerus .....	38
Gambar 3.5 : Membuka VB Express 2010 melalui <i>Start Menu</i> .....	41
Gambar 3.6 : Membuka VB Express 2010 melalui <i>Desktop</i> .....	41
Gambar 3.7 : Tampilan <i>Splash Screen Visual Basic Express</i> .....	42
Gambar 3.8 : <i>Start Page</i> .....	43
Gambar 3.9 : Memilih <i>Tempelate Project Visual Basic</i> .....	43
Gambar 3.10 : <i>Project</i> baru .....	44
Gambar 3.11 : Tampilan Dialog <i>Save Project</i> .....	44
Gambar 3.12: Tombol <i>Open Project</i> pada <i>Toolbar Standard</i> .....	45
Gambar 3.13: <i>Open Project</i> melalui <i>Start Page</i> .....	45
Gambar 3.14: Menu utama program .....	46
Gambar 3.15: Tampilan program perencanaan struktur pelat beton bertulang dengan tumpuan sederhana .....	47
Gambar 3.16: Tampilan program analisis struktur pelat beton bertulang dengan tumpuan sederhana .....	49
Gambar 4.1 : Hasil perhitungan program perencanaan pelat dengan	

tumpuan sederhana .....	103
Gambar 4.2 : Hasil perhitungan program perencanaan pelat satu arah dengan bentang menerus .....	103
Gambar 4.3 : Hasil perhitungan program perencanaan pelat dua arah .....	104
Gambar 4.4 : Hasil perhitungan program analisis pelat beton bertulang dengan tumpuan sederhana .....	104
Gambar 4.5 : Hasil perhitungan program analisis pelat satu arah dengan bentang menerus .....	105
Gambar 4.6 : Hasil perhitungan program analisis pelat dua arah .....	105
Gambar 4.7 : Menu utama .....	152
Gambar 4.8 : Form perencanaan.....	153
Gambar 4.9 : Tampilan program perencanaan pelat beton bertulang.....	153
Gambar 4.10: Form data perkiraan dan kombinasi beban .....	154
Gambar 4.11 : Form data perkiraan dan kombinasi beban .....	154
Gambar 4.12: Tampilan program perencanaan pelat satu arah dengan tumpuan sederhana .....	155
Gambar 4.13: Tampilan program perencanaan pelat satu arah dengan tumpuan sederhana .....	155
Gambar 4.14: Tampilan cetak program .....	156
Gambar 4.15: Tampilan hasil cetak program .....	156
Gambar 4.16: Tampilan program perencanaan pelat satu arah dengan tumpuan sederhana .....	157
Gambar 4.17: Tampilan program perencanaan pelat satu arah dengan tumpuan sederhana .....	157

## DAFTAR NOTASI

$A$	adalah beban atap, atau momen dan gaya kolom yang berhubungan dengannya
$A_g$	adalah luas bruto penampang, mm <sup>2</sup>
$A_s$	adalah luas tulangan tarik non-prategang, mm <sup>2</sup>
$b$	adalah lebar muka tekan komponene struktur, mm
$DL$	adalah beban mati, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengannya
$d$	adalah jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm
$E$	adalah pengaruh beban gempa, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengannya
$f_c'$	adalah kuat tekan beton yang disyaratkan, Mpa
$f_y$	adalah leleh tulangan non-prategang yang disyaratkan, Mpa
$h$	adalah tebal total komponen struktur, mm
$M_u$	adalah momen terfaktor pada penampang, N-mm
$M_n$	adalah momen nominal penampang
$s$	adalah spasi tulangan geser atau puntir dalam arah paralel dengan tulangan longitudinal, mm
$W$	adalah beban angin, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengannya
$z$	adalah besaran pembatas distribusi tulangan lentur.
$\beta$	adalah faktor yang didefinisikan

- $\rho$  adalah rasio ulangan tarik non-prategang =  $A_s/bd$
- $\rho_b$  adalah rasio ulangan yang memberikan kondisi rengangan yang seimbang.
- $\Phi$  adalah faktor reduksi kekuatan.



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. LATAR BELAKANG**

*Visual basic* merupakan bahasa pemrograman komputer yang berisi perintah-perintah atau instruksi yang dimengerti oleh komputer untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Bahasa pemrograman *visual basic* memiliki kelebihan mudah dimengerti sehingga pemrograman di dalam bahasa basic mudah dilakukan meskipun oleh pembelajar baru.

*Visual basic* disebut juga sebagai sarana untuk menghasilkan program-program aplikasi berbasis *windows*. *Visual Basic* pertama kali dipublikasikan tahun 1991. *Visual Basic* merupakan turunan bahasa pemrograman *Basic* dan menawarkan pengembangan perangkat lunak komputer berbasis grafik dengan cepat atau dapat diartikan pula sebagai bahan pemrograman yang menawarkan *Integrated Development Environment* (IDE) visual untuk membuat program perangkat lunak berbasis sistem operasi *Microsoft Windows* dengan menggunakan *Componen Object Model* (COM).

*Visual Basic* berbasis pada *object oriented programming* (OOP) dan berorientasi pada obyek yang dapat diolah sendiri secara terpisah dari obyek lain. Pemrograman berbasis obyek bersifat abstraksi sehingga pengguna tidak perlu mengetahui kerumitan sebuah obyek. Kelebihan pembuatan aplikasi dengan *visual basic* antara lain : desain tampilan yang

lebih baik, program dapat dibuat master (*setup*). Sedangkan untuk kekurangan dari *visual basic* adalah eksekusi perintah dimulai dari baris pertama kode pemrograman kemudian ke baris berikutnya dan memanggil prosedur jika dibutuhkan, *visual basic* dapat digunakan untuk komputasi di bidang teknik sipil.

Perancangan dan analisis struktur pelat beton bertulang harus berdasarkan Standar Nasional Indonesia yaitu SNI 03-2847-2002 tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung. Pada perhitungan perencanaan dan analisis struktur pelat beton bertulang dengan manual memiliki resiko kekeliruan dalam perhitungan yang lebih tinggi karena banyaknya proses hitungan dan membutuhkan waktu yang lama untuk menghitung elemen-elemen struktur pada bangunan yang memiliki ragam bervariasi sehingga bisa berakibat pada tingkat ketelitian yang berkurang bahkan kesalahan dalam menghitung. Oleh karena itu dibutuhkan program bantu, salah satunya dengan menggunakan bahasa pemrograman komputer *Visual Basic*.

Hitungan perencanaan dan analisis struktur pelat beton bertulang pada gedung menggunakan *Microsoft Visual Basic 2010 express* diharapkan dapat membantu perencana (ahli struktur) dalam merencanakan atau menganalisis suatu struktur pelat beton bertulang. Notasi pada pembuatan program bantu ini sesuai dengan perencanaan atau analisis berdasarkan SNI 03-2847-2002. Program ini berisi perencanaan dan analisis struktur pelat satu arah dengan tumpuan sederhana, struktur pelat satu arah dengan

bentang menerus dan struktur pelat dua arah. Pengguna program ini hanya memasukkan data-data yang diperlukan kemudian proses hitungan akan dilakukan secara komputasi.

## **B. IDENTIFIKASI MASALAH**

Identifikasi masalah antara lain sebagai berikut :

1. Perhitungan analisis dan perencanaan struktur pelat beton bertulang dengan manual membutuhkan waktu yang lama dan memiliki resiko kekeliruan tinggi.
2. Masih sedikitnya program bantu hitungan untuk analisis dan perencanaan struktur pelat beton bertulang berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang tata cara perhitungan beton untuk bangunan gedung.
3. Memperbanyak program bantu untuk pembelajaran awal pada masyarakat, terutama pada bidang teknik sipil.

## **C. BATASAN MASALAH**

Pemrograman komputer untuk Perhitungan Struktur Pelat Beton Bertulang dibatasi pada :

1. Perhitungan analisis dan perencanaan pelat satu arah dengan tumpuan sederhana.
2. Perhitungan analisis dan perencanaan pelat satu arah dengan bentang menerus.
3. Perhitungan analisis dan perencanaan pelat dua arah.

4. Pelat tanpa balok tidak termasuk dalam program.
5. Hanya membahas tumpuan sendi-sendi dan jepit-jepit.
6. Pemrograman komputer menggunakan *Microsoft Visual Basic 2010 express*.
7. Hitungan berdasarkan SNI 03-2847-2002.

#### **D. RUMUSAN MASALAH**

Ada beberapa rumusan masalah, yaitu :

1. Berapa tingkat ketelitian hasil perhitungan program dibanding dengan perhitungan manual?
2. Apakah program ini bisa menjadi program alternatif untuk analisis dan perencanaan struktur pelat beton bertulang?

#### **E. TUJUAN**

Tujuan pembuatan Program Perhitungan Struktur Pelat sebagai berikut :

1. Membantu pengguna untuk mempermudah dan mempercepat proses perencanaan dan analisis perhitungan struktur pelat beton bertulang berdasarkan SNI 03-2847-2002.
2. Menyajikan hasil perhitungan secara langsung.
3. Mengetahui tingkat ketelitian perhitungan program dibandingkan dengan perhitungan manual.
4. Memperkaya program perencanaan dan analisis struktur pelat beton bertulang yang telah ada.

## **F. MANFAAT**

1. Dapat memberikan alternatif program bantu baru yang lebih mudah dalam penggunaannya.
2. Dapat membantu penyusun dalam perancangan dan analisis struktur pelat beton bertulang di lapangan.
3. Sebagai langkah awal yang diharapkan dapat dilanjutkan untuk penyempurnaan program.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. UMUM**

Perencanaan dan analisis pada perhitungan pelat lantai bisa dilakukan secara manual. Namun pada perhitungan secara manual memiliki resiko kekeliruan pada langkah atau proses perhitungan, sehingga dibutuhkan program bantu untuk mempermudah, mempercepat dan mengurangi resiko kekeliruan dalam proses hitungan. Program bantu ini dibuat dengan menggunakan *Microsoft Visual Basic Express* 2010 dan berdasarkan pada SNI 03-2847-2002 tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung.

*Microsoft Visual Basic* 2010 adalah salah satu bahasa pemrograman komputer untuk membuat program aplikasi dalam lingkup *windows*. Dengan pembuatan aplikasi dengan *visual basic*, pengguna hanya memasukkan data yang diperlukan tanpa mengetahui proses perhitungan program.

Program perhitungan perencanaan dan analisis struktur pelat beton bertulang pada bangunan dengan *visual basic* diharapkan dapat membantu pengguna dalam merencanakan ataupun menganalisis struktur bangunan secara mudah dan cepat.

## **B. TEORI PELAT BETON BERTULANG**

### **1. Peraturan dan Standar Perencanaan Struktur Beton Bertulang**

Peraturan dan standar persyaratan struktur beton bertulang pada hakekatnya ditunjukkan untuk menetapkan syarat minimum yang berhubungan dengan segi keamanan. Dengan demikian, perlu disadari bahwa suatu peraturan bukanlah hanya diperlukan untuk petunjuk praktis, buku pegangan, pertimbangan teknik serta pengalaman-pengalaman dimasa lalu. Suatu peraturan bangunan tidak membebaskan perencana untuk menghasilkan struktur bangunan yang ekonomis, tetapi yang lebih penting adalah aman.

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, memberikan ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- a. Analisis struktur harus dilakukan dengan cara-cara mekanika teknik yang baku.
- b. Analisis dengan komputer, harus disertai dengan penjelasan mengenai prinsip cara kerja program data masukan serta penjelasan mengenai data keluaran.
- c. Percobaan model diperbolehkan bila diperlukan untuk menunjang analisis teoritis.
- d. Analisis struktur harus dilakukan dengan model-model matematis yang mensimulasikan keadaan struktur yang sesungguhnya dilihat dari segi sifat bahan dan ketentuan unsur-unsurnya.

- e. Bila cara perhitungan menyimpang dari tata cara ini, maka harus mengikuti persyaratan sebagai berikut:
- 1) Struktur yang dihasilkan harus dapat dibuktikan cukup aman dengan bantuan perhitungan dan/atau percobaan.
  - 2) Tanggung jawab atas penyimpangan yang terjadi dipikul oleh perencana dan pelaksana yang bersangkutan.
  - 3) Perhitungan dan/atau percobaan tersebut diajukan kepada panitia yang ditunjuk oleh pengawas bangunan yang berwenang, yang terdiri dari ahli-ahli yang diberi wewenang menentukan segala keterangan dan cara-cara tersebut.

## **2. Pelat Lentur**

Pelat lentur merupakan salah satu elemen penting pada struktur bangunan gedung. Berdasarkan komponen gaya dalam yang bekerja, pelat lentur dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: (1) pelat satu arah dimana momen lentur dianggap hanya bekerja pada satu sumbu dengan lenturan utama pada arah sisi yang lebih pendek, dan (2) pelat dua arah dimana momen lentur dianggap bekerja pada dua sumbu dengan lenturan terjadi pada dua arah yang saling tegak lurus. Apabila perbandingan sisi panjang terhadap sisi pendek pelat lebih besar dari 2 (dua) maka pelat dapat dianggap hanya bekerja sebagai pelat satu arah dengan lenturan utama pada arah sisi yang lebih pendek. Dengan



asumsi perencanaan layaknya elemen balok dengan tinggi setebal pelat dan lebar satu satuan panjang (umumnya diambil 1 meter lebar).

Berdasarkan kondisi tumpuannya, pelat dapat digolongkan menjadi dua yaitu: (1) pelat dengan balok sebagai tumpuan pada masing-masing sisinya, dan (2) pelat tanpa balok penumpu yang seringkali disebut sebagai pelat datar.

#### a. Metode Analisis dan Perencanaan Pelat Satu Arah

Menurut SNI 11.5.1, komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja.

##### 1) Tebal minimum untuk balok dan pelat satu arah

Untuk menjamin kekuatan dan kemampuan layan serta menghindari terjadinya retak dan defleksi yang berlebihan pada elemen balok dan pelat satu arah, SNI 03-2847-2002 pasal 11.5 mensyaratkan ketebalan minimum yang dihitung dengan ketentuan berikut:

Tabel 2.1. Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak diperhitungkan  
(Sumber: SNI 03-2847-2002)

	Tebal minimum, h			
Komponen Struktur	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan			
Pelat masif satu arah	$\ell / 20$	$\ell / 24$	$\ell / 28$	$\ell / 10$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$\ell / 16$	$\ell / 18,5$	$\ell / 21$	$\ell / 8$
<b>CATATAN:</b> Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ( $w_c = 2400 \text{ kg/m}^3$ ) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut: a. Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara <b>1500 kg/m<sup>3</sup></b> sampai <b>2000 kg/m<sup>3</sup></b> nilai tadi harus dikalikan dengan <b>[1,65- (0,0003) <math>w_c</math>]</b> tetapi tidak kurang dari <b>1,09</b> dimana $w_c$ adalah berat jenis dalam kg/m <sup>3</sup> . b. Untuk $f_y$ selain 400MPa, nilainya harus dikalikan dengan <b>(0,4 + <math>f_y/700</math>)</b> .				

Dengan:

$\ell$  = panjang bentang balok atau pelat satu arah, dengan ketentuan:

- Panjang bentang dari komponen struktur yang tidak menyatu dengan struktur pendukung dihitung sebagai bentang bersih ditambah dengan tinggi dari komponen struktur. Besarnya bentang tersebut tidak perlu melebihi jarak pusat ke pusat komponen struktur pendukung yang ada.
- Dalam analisis untuk menentukan momen pada rangka atau struktur menerus, panjang bentang harus diambil sebesar jarak pusat ke pusat komponen struktur pendukung.

2) Analisis balok dan pelat satu arah diatas banyak tumpuan

SNI 03-2847-2002 dalam pasal 10.3.3 menyebutkan sebagai alternatif, metode pendekatan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulang dimana tulangannya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya daam satu arah, selama:

- a) Jumlah minimum bentang yang ada haruslah minimum dua
- b) Panjang bentang tidak terlalu berbeda, rasio bentang terbesar terhadap bentang terpendek dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih dari 1,2,
- c) Beban yang bekeja merupakan beban terbagi rata
- d) Beban per satuan panjang tidak mlebihi tiga kali beban matinya, dan
- e) Komponen struktur adalah prismatis.

Momen positif pada bentng-bentang ujung

Tumpuan ujung terletak bebas	$\frac{W_u l_n^2}{11}$
Tumpuan ujung menyatu dengan struktur pendukung	$\frac{W_u l_n^2}{14}$
Momen positif pada bentang-bentang dalam	$\frac{W_u l_n^2}{16}$

Momen negatif pada sisi luar dari tumpuan dalam pertama:

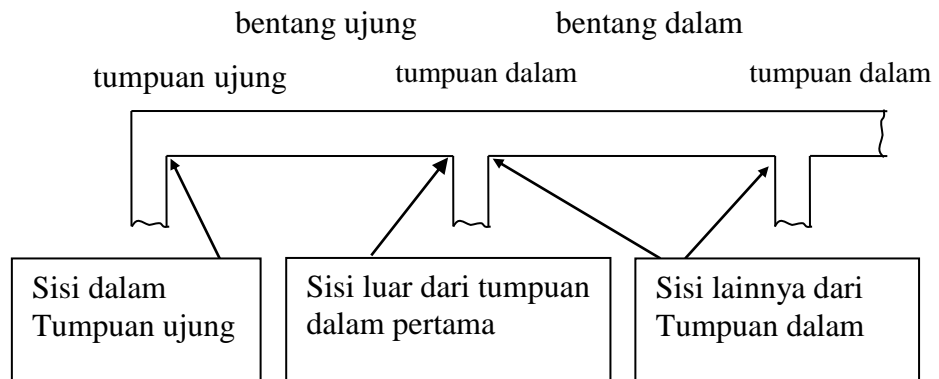
Dua bentang	$\frac{W_u l_n^2}{9}$
Lebih dari dua bentang	$\frac{W_u l_n^2}{10}$
Momen negatif pada sisi-sisi lain dari tumpuan dalam	$\frac{W_u l_n^2}{11}$

Momen negatif pada sisi semua tumpuan untuk:

Pelat dengan bentang tidak lebih dari 3m; dan balok dengan rasio jumlah kekakuan kolom-balok melebihi delapan pada setiap tumpuan	$\frac{W_u l_n^2}{12}$
---	------------------------

Momen negatif pada sisi dalam dari tumpuan yang untuk komponen struktur yang dibuat menyatu (monolit) dengan struktur pendukung:

Struktur pendukung adalah balok sprandel	$\frac{W_u l_n^2}{24}$
Struktur pendukung adalah kolom	$\frac{W_u l_n^2}{16}$
Gaya geser pada sisi dari tumpuan dalam pertama	$\frac{1,15 W_u l_n}{2}$
Gaya geser pada sisi dari semua tumpuan-tumpuan lainnya	$\frac{W_u l_n}{2}$



Gambar 2.1. Terminologi balok/pelat satu arah di atas banyak tumpuan

### 3) Tulangan susut dan suhu

SNI 03-2847-2002 dalam pasal 9.12 menyebutkan:

- a) Pada pelat struktural dimana tulangan lenturnya terpasang dalam satu arah saja, harus disediakan tulangan susut dan suhu yang arahnya tegak lurus terhadap tulangan lentur tersebut.
- b) Tulangan ulir yang digunakan sebagai tulangan susut dan suhu harus memenuhi ketentuan berikut:

(1)	Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300	0,0020
(2)	Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jarring kawat las (polos atau ulir) mutu 400	0,0018
(3)	Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%	$(0,0018) 400 / f_y$

b. Metode Analisis dan Perencanaan Pelat Dua Arah

1) Tebal minimum untuk pelat dua arah dengan balok penumpu

Menurut SNI 11.5.3, tebal minimum untuk pelat dua arah dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

a) Untuk  $\alpha_m$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2 ditetapkan ketentuan sebagaimana dipersyaratkan pada pelat tanpa balok interior.

b) Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi

$$h = \frac{l_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \quad (2-1)$$

dan tidak boleh kurang dari 120mm

c) Untuk  $\alpha_m$  lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{l_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta} \quad (2-2)$$

Dengan :

$l_n$  = panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah di ukur dari muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya (mm)

$\alpha$  = rasio kekakuan lentur tampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah panel-panel yang bersebelahan (bila ada) pada tiap sisi balok.

$\alpha_m$  = nilai rata-rata  $\alpha$  untuk semua balok pada tepi-tepi suatu panel

$\beta$  = rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah.

- d) Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan  $\alpha$  tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 1 atau persamaan 2 harus dinaikkan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

## 2) Metode perencanaan langsung

Pada metode perencanaan langsung, yang diperoleh adalah pendekatan nilai momen dengan menggunakan penyederhanaan koefisien-koefisien yang telah disediakan oleh peraturan, dengan batas menurut SNI pasal 15.6.1 sebagai berikut:

- a) Minimum harus ada tiga bentang menerus dalam masing-masing arah.

- b) Panel pelat harus berbentuk persegi dengan perbandingan antara bentang panjang terhadap bentang pendek diukur antara sumbu-ke sumbu tumpuan, tidak lebih dari 2.
- c) Panjang bentang yang bersebelahan, diukur antara sumbu-ke-sumbu tumpuan, dalam masing-masing arah tidak boleh berbeda lebih dari sepertiga bentang terpanjang.
- d) Posisi kolom boleh menyimpang maksimal sejauh 10% panjang bentang (dalam arah penyimpangan) dari garis garis yang menghubungkan sumbu-sumbu kolom yang berdekatan.
- e) Beban yang diperitungkan hanyalah beban gravitasi dan terbagi merata pada seluruh panel pelat. Beban hidup tidak boleh melebihi 2 kali beban mati.
- f) Untuk suatu panel pelat dengan balok diantara tumpuan pada semua sisinya, kekakuan relatif balok dalam dua arah yang tegak lurus,

$$\frac{\alpha_1 \cdot \ell_2^2}{\alpha_2 \cdot \ell_1^2}$$

Tidak boleh kurang dari 0,2 dan tidak boleh lebih dari 5,0

SNI 03-2847-2002 pasal 15.6.3 ayat 2 menyebutkan distribusi momen terfaktor  $M_o$  pada bentang dalam dikalikan faktor 0,65 untuk momen negatif dan 0,35 untuk momen positif. Sedangkan ayat 3 menentukan distribusi momen total terfaktor  $M_o$  bentang ujung seperti yang tercantum pada tabel berikut



Tabel 2.2 Distribusi Momen Terfaktor  
(Sumber: SNI 03-2847-2002)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Tepi luar tak terkekang	Pelat dengan balok diantara semua tumpuan	Pelat tanpa balok di antara tumpuan-tumpuan dalam		Tepi luar terkekang penuh
			Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
Momen terfaktor negatif dalam	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65
Momen terfaktor positif	0,63	0,57	0,52	0,50	0,35
Momen terfaktor negatif luar	0	0,16	0,26	0,30	0,65

### C. VISUAL BASIC EXPRESS 2010

#### 1. Pengertian *Visual Basic Express* 2010

*Visual Basic Express* 2010 adalah pengembangan dari *Visual Basic* 2008 dan *Visual Basic* 6. Merupakan bahasa pemrograman yang cukup populer dan mudah untuk dipelajari. *Microsoft Visual Basic Express* menyediakan fasilitas yang memungkinkan kita untuk menyusun sebuah program yang memasang objek-objek grafis dalam sebuah *form*.

*Visual Basic Express* 2010 berawal dari bahasa pemrograman BASIC (*Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code*). Bahasa *Basic* pada dasarnya adalah bahasa yang mudah dimengerti sehingga pemrograman di dalam bahasa *Basic* dapat dengan mudah dilakukan meskipun oleh orang yang baru belajar membuat program. Hal ini lebih

mudah lagi dengan hadirnya *Microsoft Visual Basic*, yang dibangun dari ide untuk membuat bahasa yang sederhana dan mudah dalam pembuatan *script*-nya (*simple scripting language*) untuk *graphic user interface* yang dikembangkan dalam sistem operasi *Microsoft Windows*.

*Microsoft Visual Studio Express* adalah kumpulan *freeware* lingkungan pengembangan terpadu (IDE) yang dikembangkan oleh Microsoft yang merupakan versi ringan dari *Microsoft Visual Studio*. Gagasan edisi *express* menurut *Microsoft* adalah untuk menyediakan efisiensi, mudah digunakan dan mudah dipelajari bagi pengguna IDE selain pengembang perangkat lunak profesional, yaitu seperti programmer dan mahasiswa. Versi final telah dirilis pada 19 November 2007 dan paket layanan versi 1 (*service pack 1*) dirilis pada 11 Agustus 2008.

## 2. *Integrated Development Environment (IDE)*

*Integrated Development Environment (IDE)* disebut juga sebagai desain lingkungan terpadu yang merupakan aplikasi perangkat lunak yang menyediakan fasilitas lengkap untuk pemrograman komputer untuk pengembangan piranti lunak. IDE dirancang untuk memaksimalkan produktivitas programmer dengan menyediakan komponen seperti user interface sehingga dapat memudahkan dalam membuat suatu *project* aplikasi.

IDE biasanya terdiri dari :

- a. Sumber editor kode (*code*), merupakan fasilitas untuk menuliskan kode sumber dari perangkat lunak.
- b. Kompilator (*compiler*), yaitu fasilitas untuk mengecek sintaks dari kode sumber kemudian mengubah dalam bentuk binary yang sesuai dengan bahasa program.
- c. Alat-alat otomatis (*linker*), yaitu fasilitas untuk menyatukan data binary dengan beberapa kode sumber yang dihasilkan *compiler* sehingga data-data binari suatu program komputer yang siap dijalankan.
- d. *Debugger*, yaitu fasilitas untuk mengetes jalannya suatu program, dan akan menampilkan *bug* atau kesalahan yang terdapat dalam program jika program tersebut *error*.

### 3. Spesifikasi minimum

Minimum *system requirement* untuk dapat menjalankan *Visual Basic Express 2010* adalah sebagai berikut :

- a. *Windows XP (x86) with Service Pack 3* – Semua edisi kecuali Edisi *Starter*
- b. *Windows Vista (x86 & x64) with Service Pack 2* – Semua edisi kecuali Edisi *Starter*
- c. *Windows 7 (x86 & x64)*
- d. *Windows Server 2003 (x86 & x64) with Service Pack 2*
- e. *Windows Server 2003 R2 (x86 & x 64)*

f. *Windows Server 2008 (x86 & x64) with Server Pack 2*

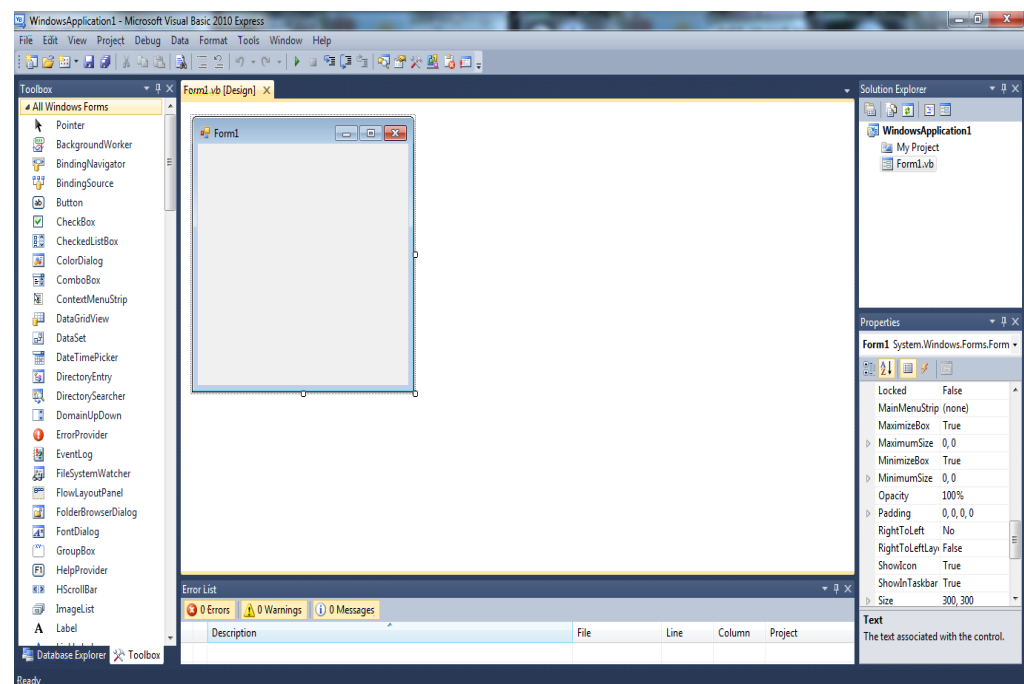
g. *Windows Server 2008 R2 (x64)*

Sedangkan minimum *hardware requirement* adalah sebagai berikut :

- a) Komputer yang memiliki prosesor 1.6GHz atau lebih cepat.
- b) *Random Acces Memory* (RAM) 1 GB (32 bit) atau 2GB (64 bit).
- c) *Hardisk* ruang kosong sebanyak 3 GB, 5400 RPM *Hardisk*.
- d) *DirectX 9 video card* mampu berjalan pada 1024 x 768 layar resolusi lebih tinggi.
- e) dan DVD-ROM Drive.

#### 4. Tampilan *Visual Basic 2010*

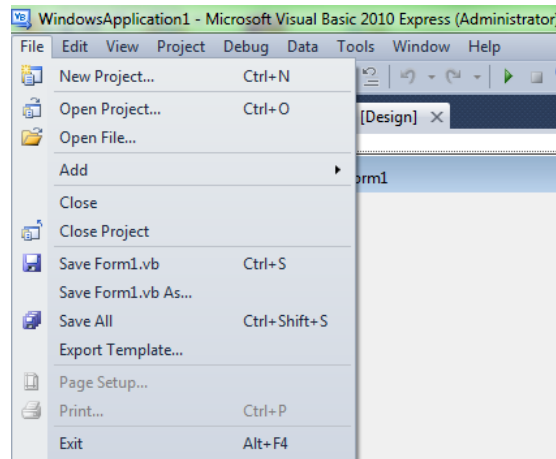
*Visual basic 2010* mempunyai tampilan dengan beberapa fungsi pokok yang dapat memudahkan dalam membuat program/aplikasi.



Gambar 2.2. Tampilan Utama *Visual Basic 2010*

a. *Menubar*

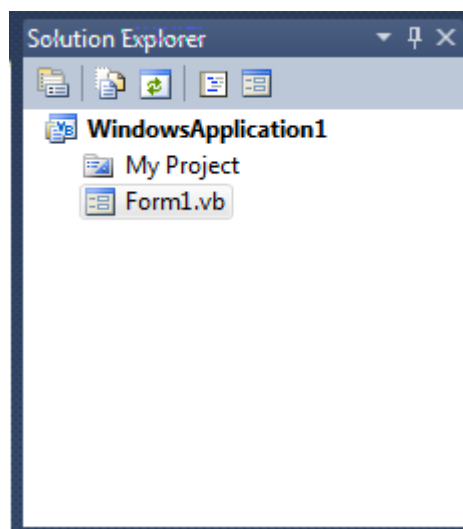
Berisi tentang daftar menu lengkap terletak disebelah atas aplikasi yang bisa diakses oleh pengguna Visual Basic 2010.



Gambar 2.3. *Menubar*

b. *Solution Explorer*

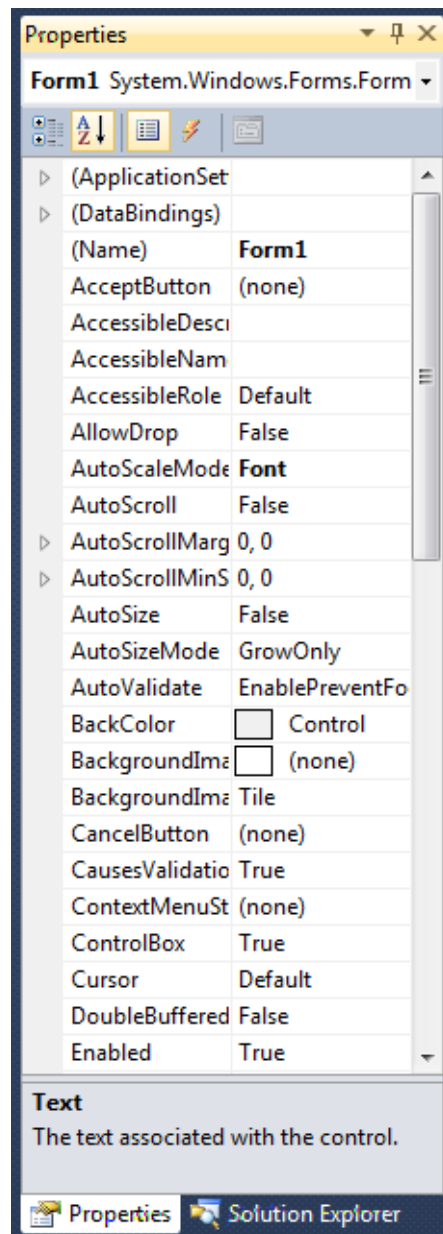
Merupakan fitur yang terletak di sebelah kanan atas dibawah *menubar* yang digunakan untuk menampilkan daftar *desain form* dengan struktur *tree* dari *project* yang sedang dibuka.



Gambar 2.4. *Solution Explorer*

c. *Properties*

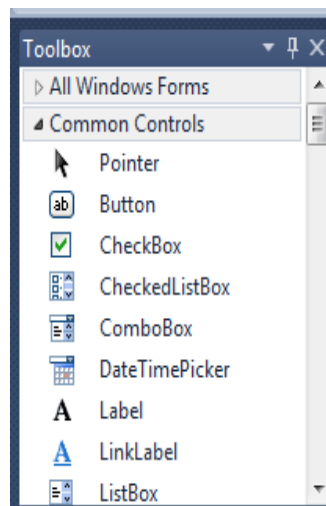
Merupakan fitur dari *Visual Basic 2010* yang digunakan untuk melakukan pengaturan property dari objek-objek yang digunakan dalam desain *form* yang sedang dibuat.



Gambar 2.5. *Properties*

d. *Componen Toolbox*

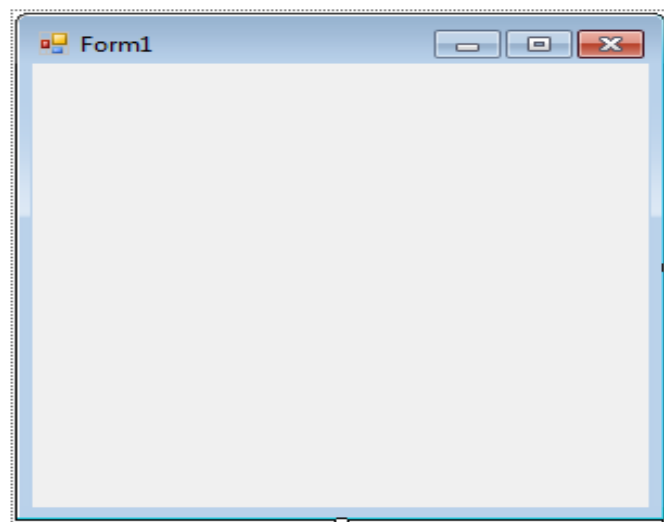
Merupakan fitur *Visual Basic 2010* yang digunakan untuk menampilkan daftar dari komponen, baik visual maupun non visual yang bisa ditambahkan ke dalam desain *form*.



Gambar 2.6. *Componen Toolbox*

e. *Form Designer*

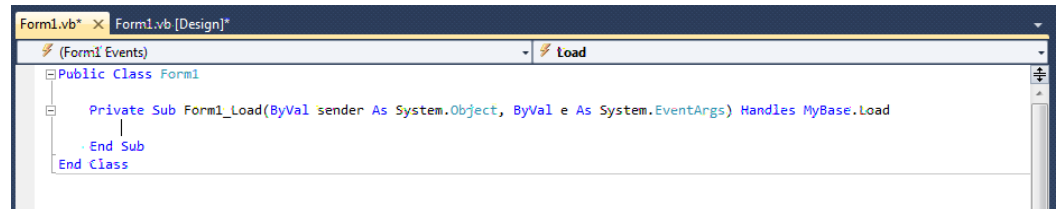
Merupakan fitur *Visual Basic 2010* yang digunakan untuk membuat desain antar muka atau *interface* dari aplikasi yang dikembangkan



Gambar 2.7. *Form Designer*

f. *Code Edition*

Merupakan fitur *Visual Basic* 2010 yang digunakan untuk menambah atau mengubah kode program dari aplikasi atau *project* yang sedang dikerjakan



Gambar 2.8. *Code Edition*

5. Tipe Data

Tipe data adalah sejenis nilai yang tersimpan dalam variabel, bisa karakter (huruf), *numeric* (nomer) ataupun *date* (tanggal). Tipe data diperlukan agar *visual basic* dapat langsung mengenal jenis data yang tersimpan pada variabel. Secara umum tipe data *Visual Basic Express* 2010 disajikan dalam bentuk table berikut ini :

Tabel 2.3 Tipe Data *Visual Basic*

No	Type Data	Deskripsi dan Range
1	Boolean	Tipe data ini hanya diisi dua buah nilai yaitu <i>true</i> atau <i>false</i>  Contoh : Dim Hasil As Boolean  Hasil = True
2	Byte	0 s.d. 255



3	Char	Hanya boleh diisi oleh sebuah karakter, tambahkan karakter c ketika mendeklarasikan Char  Contoh : Dim Nilai As Char  Nilai = "A"c
4.	Date	Pergunakan karakter #(tanda pagar) untuk mengisi tipe data date.  Contoh : Dim tanggal as Date  Tanggal = #09 Mei 1992
5.	Decimal	0 s.d. +/-  79.228.162.214.264.337.593.543.950.335 (tanpa bilangan desimal di belakangkoma) atau 0 s.d. +/- 7,9228162214264337593543950335 (dengan bilangan desimal di belakang koma)
6.	Double	-1,79769313486231570E+308 s.d.  1,79769313486231570E+308
7.	Integer	-2.147.483.648 s.d. 2.147.483.647
8.	Long	-9.223.372.036.854.775.808 s.d.  9.223.372.036.854.775.807
9.	Sbyte	-128 s.d. 127
10.	Short	-32.768 s.d. 32.76
11.	Single	-3,4028235E+38 s.d. -1,401298E-45 (Bilangan Negatif)

		1,401298E-45 s.d. 3,4028235E+38 (Bilangan Positif)
12.	String	0 s.d 2 juta karakter bisa huruf, angka, atau karakter yang tidak umum lainnya.
13.	UInteger	0 s.d. 4.294.967.295
14.	Ulong	0 s.d. 18.446.744.073.709.551.615(1.8E+19)
15.	Ushort	0 s.d. 65.535

## 6. Variabel

Dalam bekerja dengan kode program, termasuk dengan program *Visual Basic*, kita tidak akan pernah lepas dari yang namanya variabel. Variabel adalah nama penyimpanan data di memori komputer yang digunakan selama eksekusi program dan nilai datanya bisa berubah-ubah.

Dibandingkan dengan *type data* yang terdapat pada bahasa BASIC, *type data* yang disediakan pada *Visual Basic* lebih banyak, seperti *type Currency*, *Decimal*, *Object*, dan *Variant*. *Variant* merupakan tipe variable yang istimewa, karena dapat berubah dari satu tipe ke tipe yang lain, sesuai dengan evaluasi ekspresi oleh Visual Basic. Ketepatan pemilihan tipe variabel akan sangat menentukan pemakaian *resources* oleh aplikasi yang dihasilkan, adalah tugas programmer untuk memilih tipe yang sesuai untuk menghasilkan program yang efisien dan berperforma tinggi. Nama variabel sebaiknya disesuaikan dengan nilai

yang disimpan ke dalamnya, tetapi ada aturan dalam pembuatan nama variabel, yaitu :

- a. Dimulai dengan huruf, setelahnya baru diperbolehkan diikuti angka.
- b. Jumlah karakter tidak boleh lebih dari 255 karakter.
- c. Tidak boleh disisipi dengan karakter-karakter tertentu, seperti karakter . , ? | \ / ' ` ( ) { } ! @ # \$ % ^ & \*  
karakter . , ? | \ / ' ` ( ) { } ! @ # \$ % ^ & \*
- d. Unik, tidak boleh sama dengan yang lain.

Variabel terdiri atas beberapa jenis. Setiap jenis variabel memiliki nilai rentang yang diperbolehkan, selain itu pemilihan jenis variabel dan jumlah variabel akan berpengaruh terhadap jumlah kebutuhan memori komputer (RAM), berikut jenis variabel yang digunakan dalam Visual Basic :

- a Boolean : Menampung nilai biner, *True* atau *False*.
- b Byte : Menampung nilai bulat kecil antara 0 – 256.
- c Integer : Menampung nilai bulat antara -32768 s/d 32768 (15 bit).
- d Long : Menampung nilai bulat dengan bit yang panjang (31 bit).
- e Single : Menampung nilai pecahan dari 10<sup>-38</sup> sampai dengan 10<sup>38</sup> pada bagian positif, dan -10<sup>-38</sup> sampai dengan -10<sup>38</sup> pada bagian negative.
- f Double : Menampung nilai pecahan dari 10<sup>-108</sup> sampai dengan 10<sup>108</sup> pada bagian positif, dan -10<sup>-108</sup>

sampai dengan -10108 pada bagian negatif.

g    String    :   Menampung nilai non numeric atau string, misalkan untuk menyimpan alamat. Variabel ini tidak bisa dioperasikan secara aritmatika.

h    Date       :   Menampung nilai tanggal.

i    Variant    :   Merupakan variabel bebas, yang menampung nilai tergantung nilai apa yang ditampung pertama kali.

Untuk mendeklarasikan suatu variabel yang bukan jenis variant harus menggunakan perintah Private, Dim, Public, atau Static. Private digunakan untuk membuat variabel lokal, hanya dapat diakses dalam prosedur atau modul dimana ia di deklarasikan.

Contoh : Private bulan as Month

Dim digunakan agar variabel tersebut dapat diakses dari prosedur lain

Contoh : Dim x as integer

Public digunakan agar variabel tersebut dapat diakses dari prosedur lain

Contoh : Public as long

Static digunakan agar isi datanya tidak tetap ada di memori setiap kali digunakan

Contoh : Static x as integer

## 7. Konstanta

Konstanta adalah variabel yang nilainya tetap, cara penulisannya adalah sebagai berikut :

[Public/Private] Constnama\_konstanta [As Type] = Ekspresi

- a. Ekspresi Nilai yang cara penulisannya tergantung pada tipe data, misalnya : konstanta numeric (byte, integer, single, double, dan lainnya) ditulis apa adanya. Contoh : 250, -75, 567E-2.
- b. Konstanta String ditulis dengan diapit tanda petik (“ ”). Contoh : “8888”, “program”, “siapa namamu?”
- c. Konstanta Date ditulis dengan diapit tanda pagar (# #). Contoh : #30/06/1976#, #4:15 PM#
- d. Konstanta Boolean, hanya berisi dua nilai, yaitu *True* atau *False*.

## 8. Operator

Operator adalah suatu simbol atau tanda untuk menyatakan suatu operasi atau proses. Pada dasarnya komputer dengan ALU nya (*Aritmethic Logical Unit*), mempunyai dua macam operator yaitu operator aritmatika dan operator logika (perbandingan). Operator-operator di dalam Visual Basic antara lain :

- a. Aritmatika : + (penjumlahan); - (pengurangan); \* (perkalian); / (pembagian); ^ (pangkat); mod (siswa pembagian); \ (hasil bulat pembagian); & (penggabungan string)
- b. Relasi : = (sama dengan); < (lebih kecil); <= (lebih kecil atau sama dengan); > (lebih besar); >= (lebih besar atau sama dengan); <> (tidak sama).

- c. Logika : AND (dua kondisi harus dipenuhi); OR (dari dua kondisi, akan benar bila ada salah satu atau lebih kondisi yang dipenuhi); NOT (invers dari kondisi yang diberikan)

Hal yang harus dipahami oleh programmer adalah tata urutan operasi dari masing-masing operator tersebut sehingga mampu membuat ekspresi yang akan menghasilkan nilai yang benar. Urutan dari nilai urutan tertinggi sampai yang terendah adalah :

- a. Untuk operator aritmatika : pangkat (^), negative (-), kali dan bagi (\*, /), pembagian bulat (\), sisa bagi (mod), tambah dan kurang (+, -), penggabungan string (&).
- b. Komparasi : sama (=), tidak sama (<>), kurang dari (<), lebih dari (>), kurang dari atau sama (<=), lebih dari atau sama (>=), Like.
- c. Logika : not, and, or, XOR, Eqv, Imp.

#### **D. KAJIAN SEBELUMNYA**

##### **1. Pemrograman Komputer untuk Perancangan dan Analisis Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2002 dengan Visual Basic 6.**

Menurut Tri Pambudi, *Visual Basic* dapat digunakan untuk membuat aplikasi yang membantu proses perhitungan. Software yang dihasilkan dinamakan PSBB v1, software ini dapat menghitung perancangan dan analisis pada kolom bulat dan segiempat uniaksial, balok persegi, tulangan rangkap, atau tunggal, serta fondasi telapak.

*Output* yang dihasilkan tingkat ketelitiannya lebih teliti sebesar 0,0 persen dibandingkan hitungan manual, sehingga program tersebut dapat digunakan dengan praktis dan akurat.

## **2. Pemrograman Komputer untuk Analisis dan Perencanaan Struktur Balok Persegi Berdasarkan SNI 03-2847-2002**

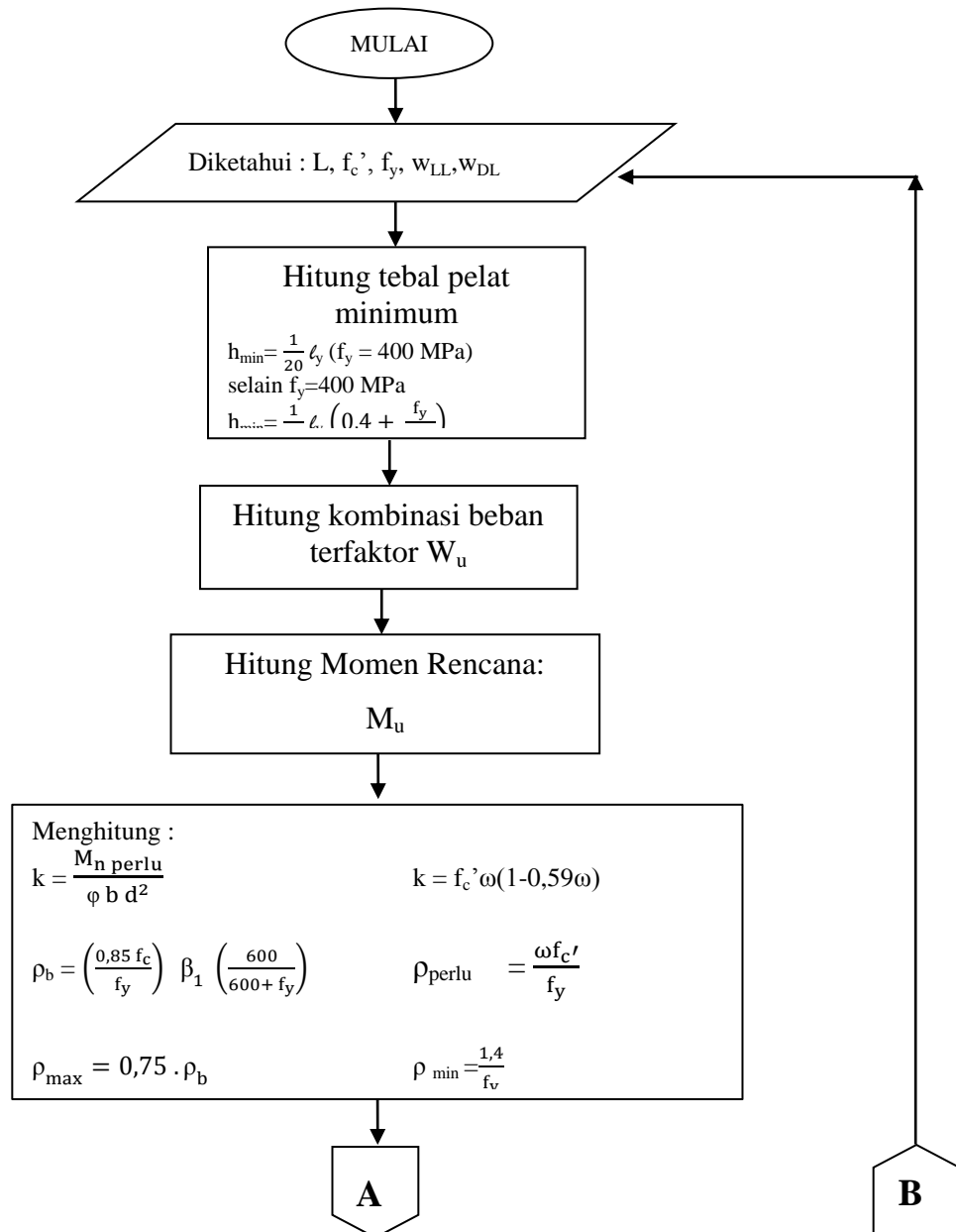
Mengacu pada proyek akhir yang dilakukan oleh Ginanjar Arif Satoto, pemrograman dengan *Visual Basic* dapat menghemat waktu dalam merencanakan dan menganalisis. Adapun software yang telah dibuat dinamakan BALPER v1, digunakan sebagai alternatif perhitungan komponen struktur balok persegi. Hasil dari perhitungan program ini dapat disimpan langsung dalam database yang dapat ditampilkan dengan 4 angka dibelakang koma. Program ini mempunyai tingkat akurasi hitungan 0,0 % sehingga program ini dapat digunakan.

## BAB III

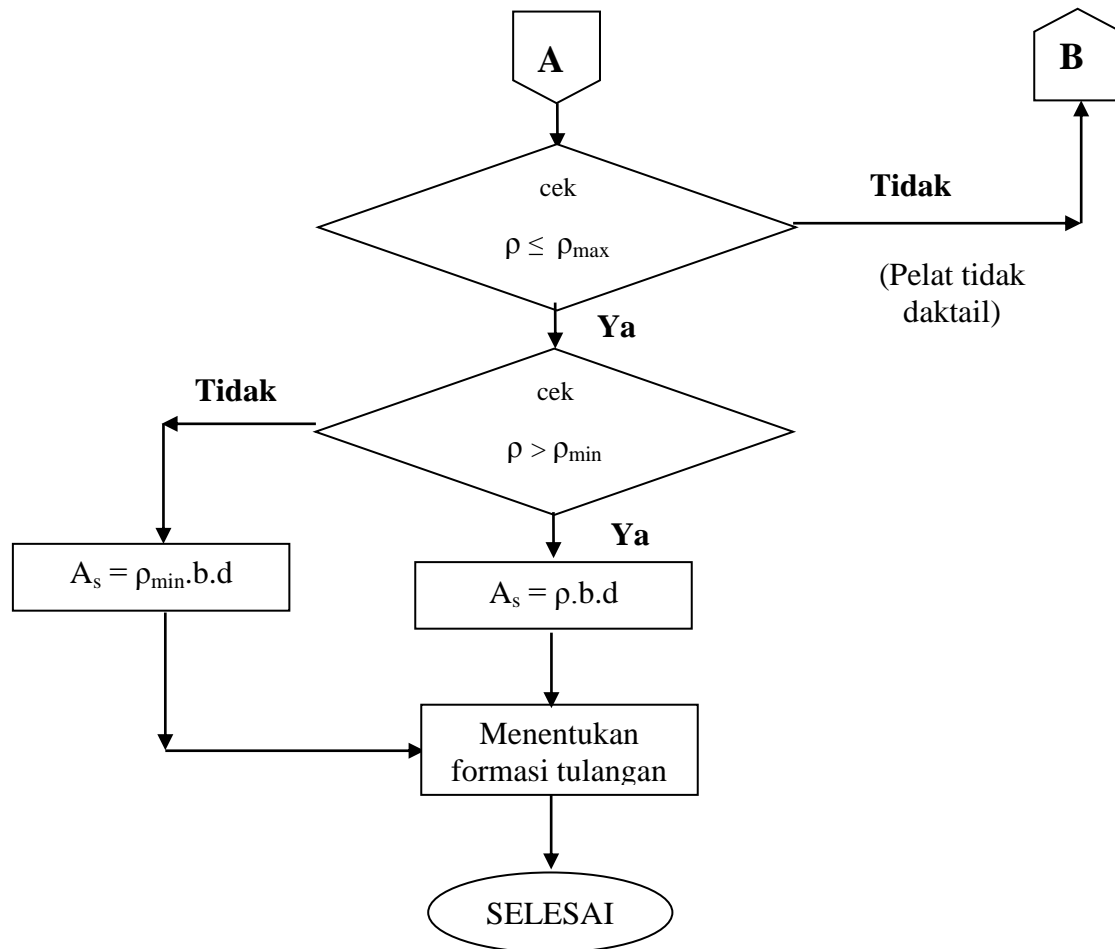
### METODOLOGI DAN PROSEDUR PEMROGRAMAN

#### A. Bagan Alir

##### 1. Perencanaan Struktur Pelat dengan Tumpuan Sederhana



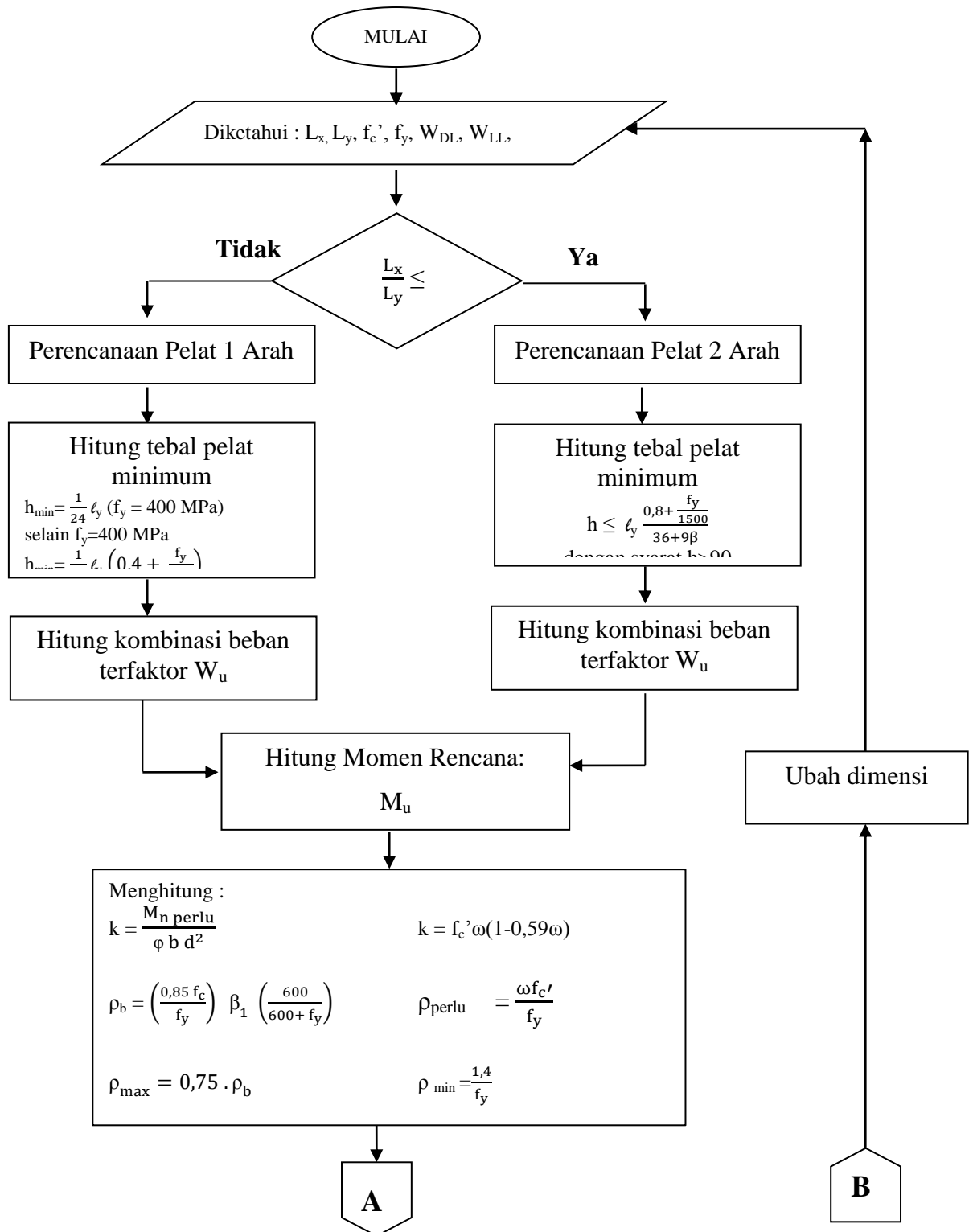


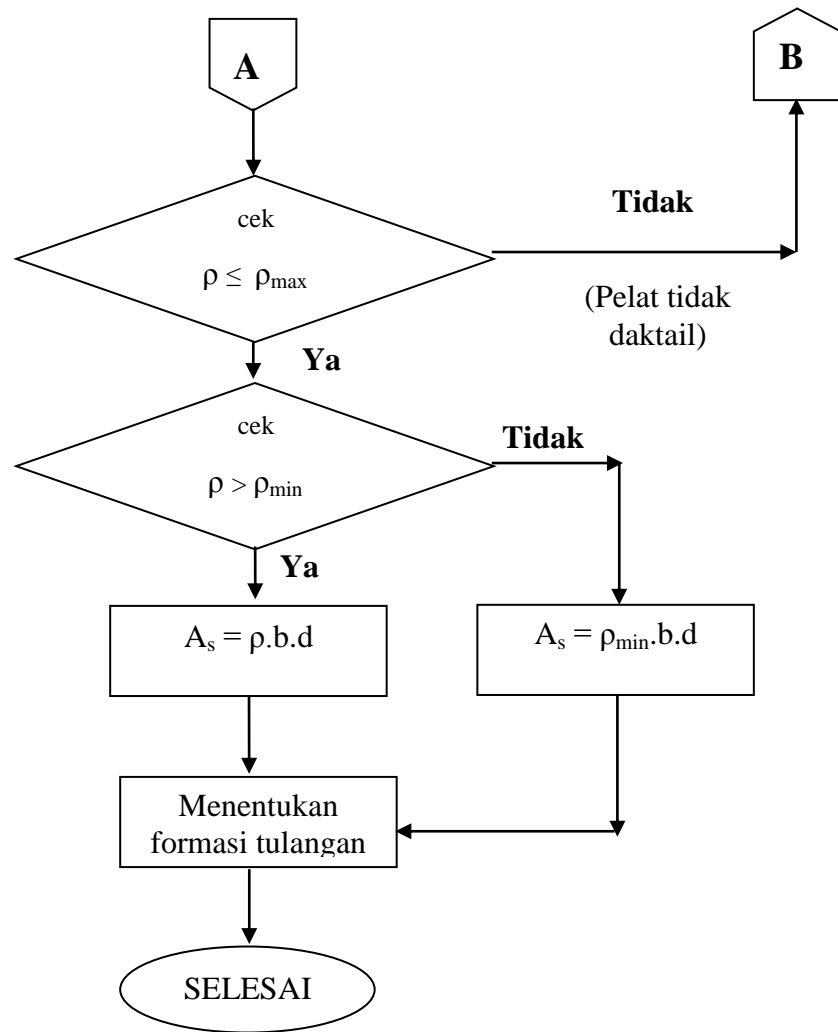


Gambar 3.1 Bagan Alir Perencanaan Struktur Pelat dengan Tumpuan

Sederhana

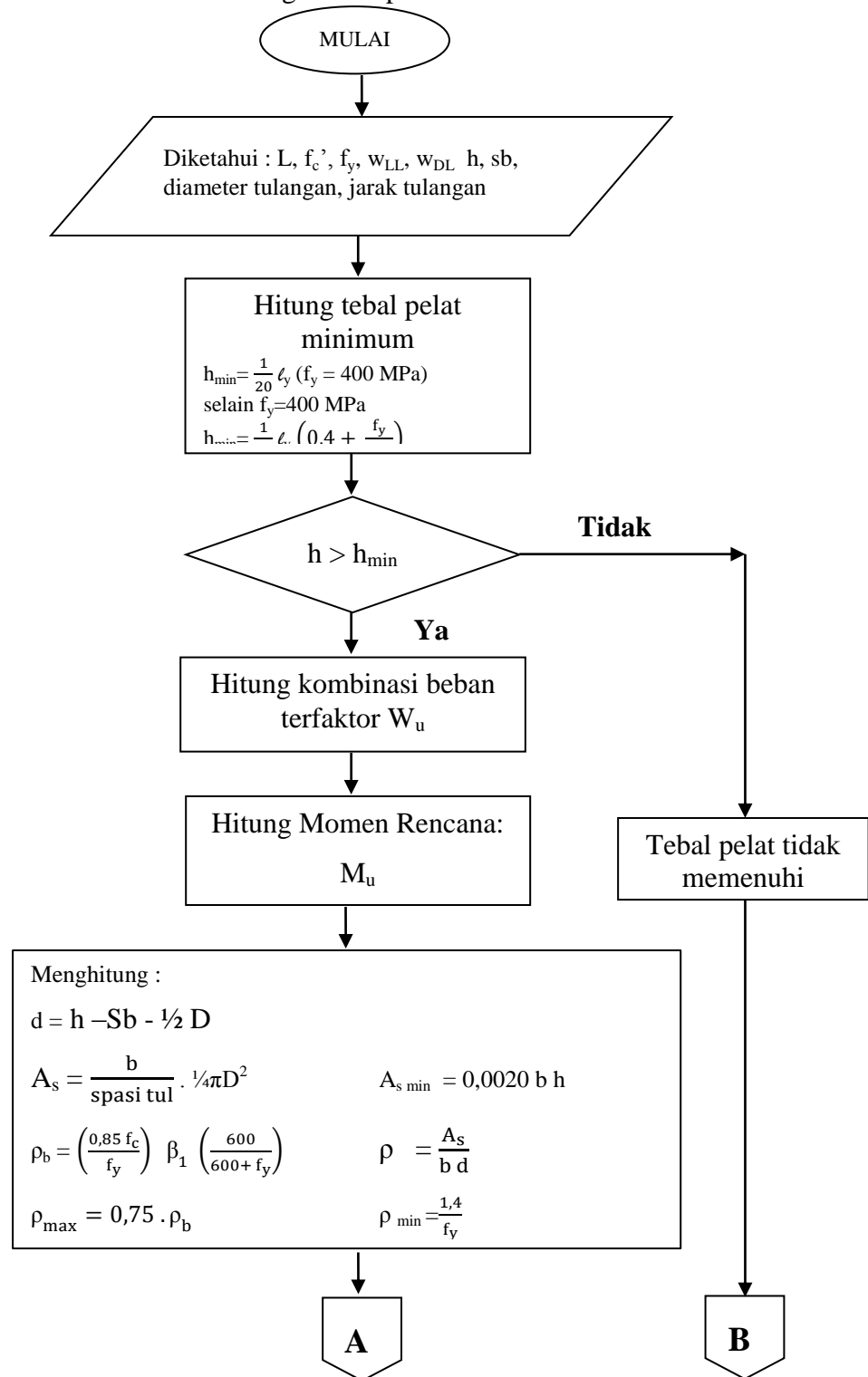
## 2. Perencanaan Struktur Pelat Beton Bertulang dengan Bentang Menerus

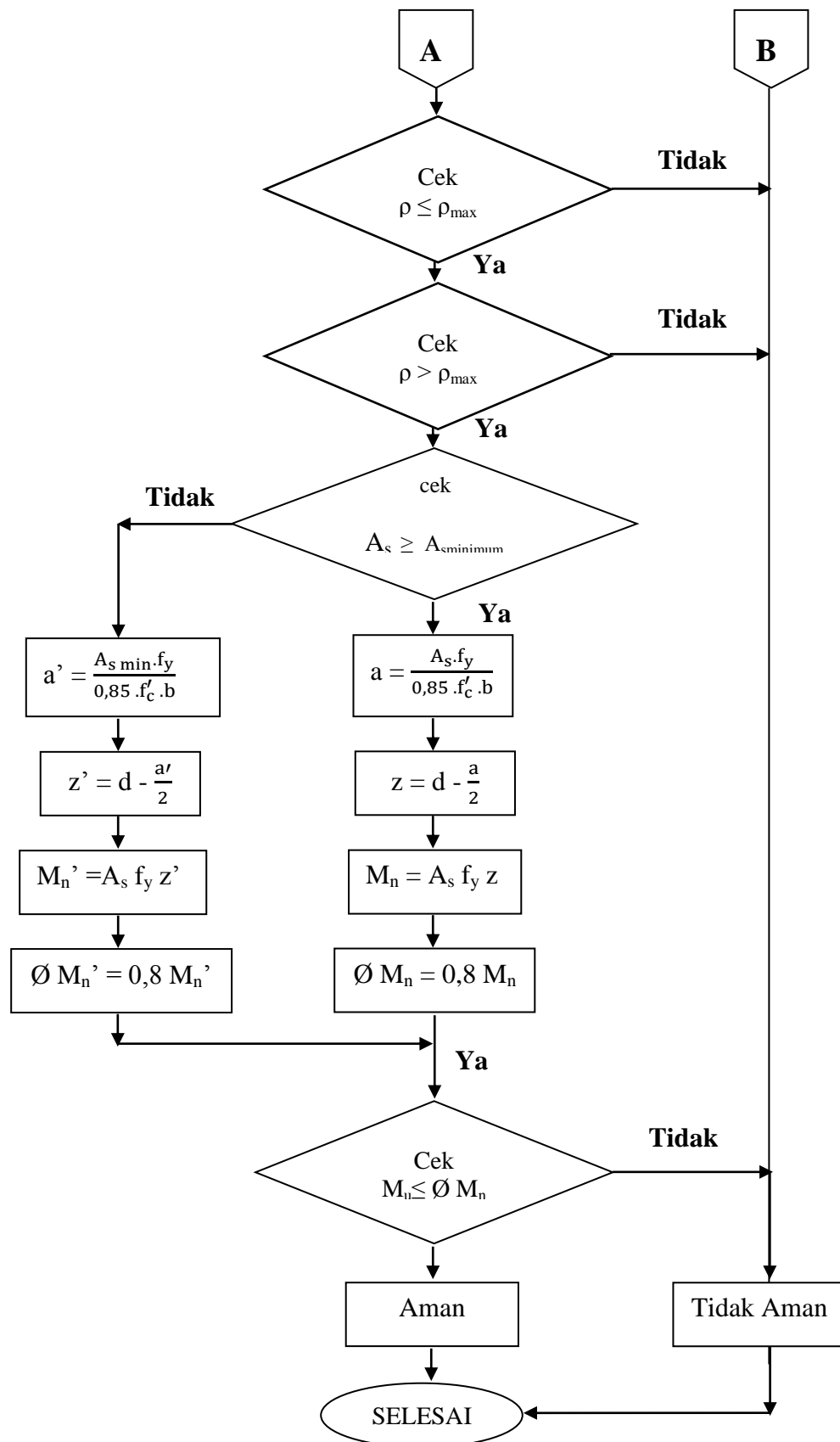




Gambar 3.2 Bagan Alir Perencanaan Struktur Pelat Beton Bertulang  
dengan Bentang Menerus

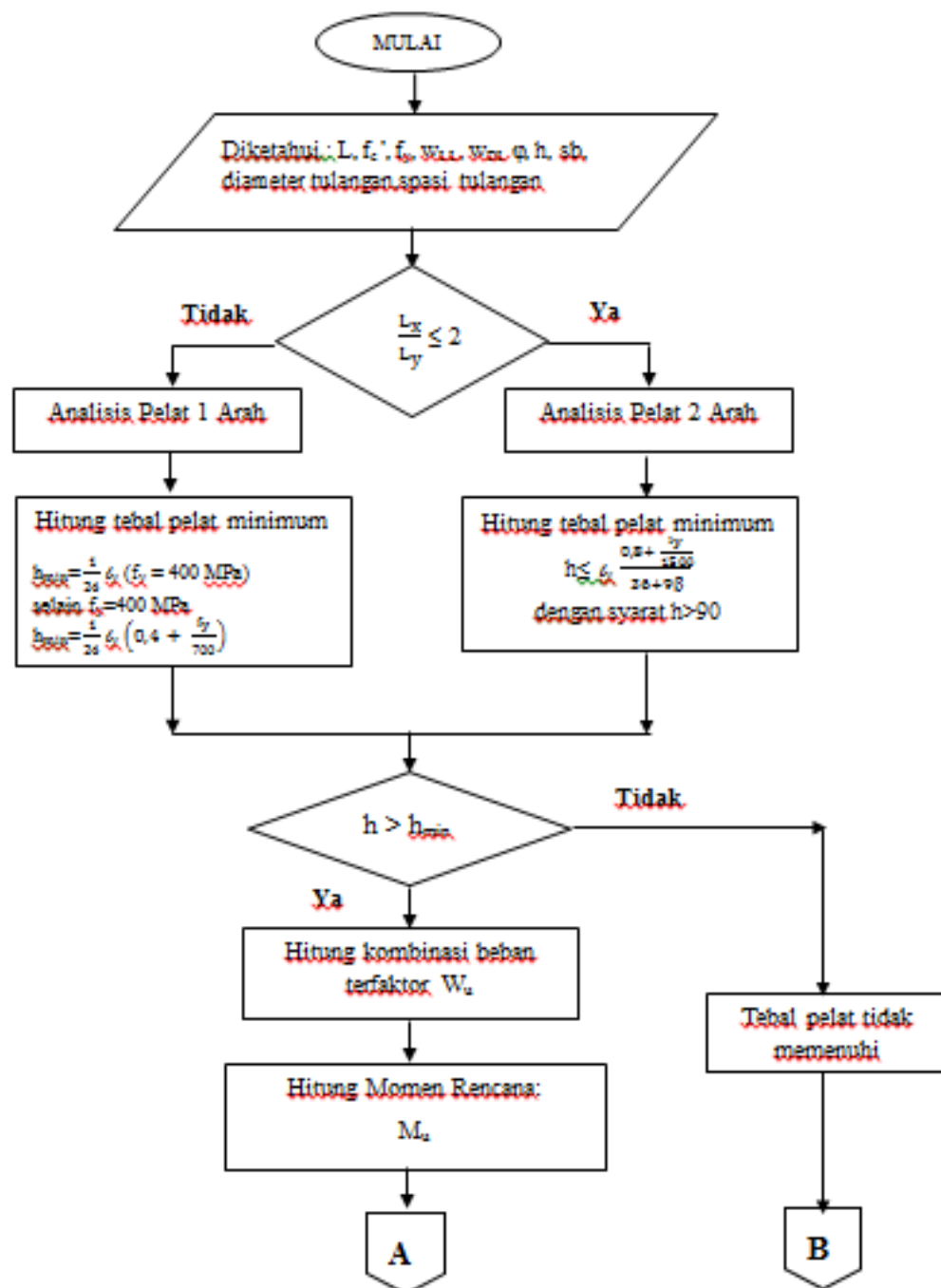
### 3. Analisis Struktur Pelat dengan Tumpuan Sederhana

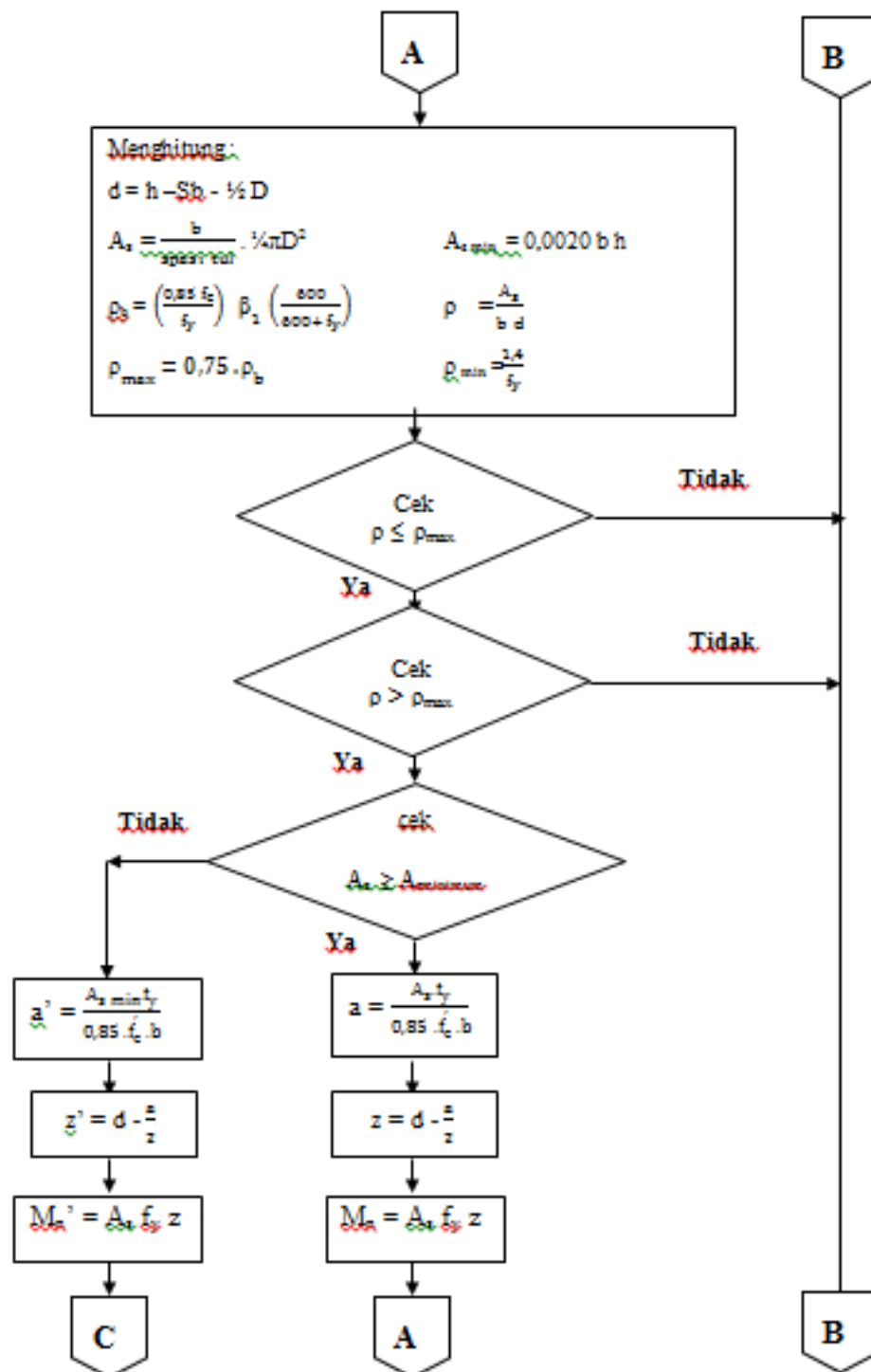


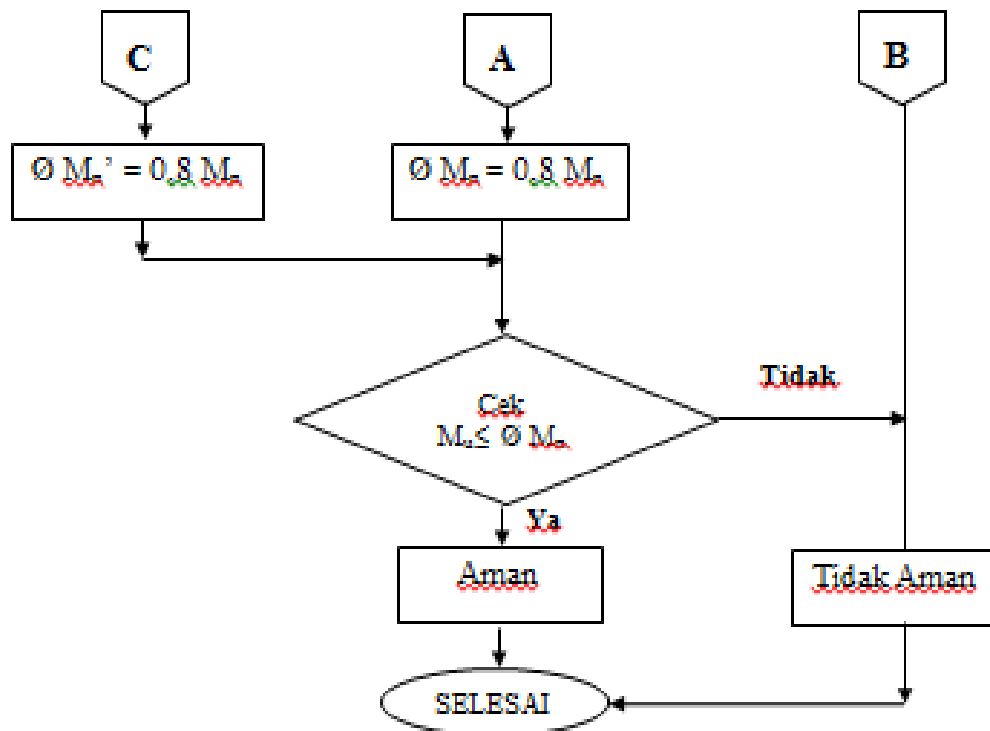


Gambar 3.3 Bagan Alir Analisis Pelat dengan Tumpuan Sederhana

#### 4. Analisis Struktur Pelat dengan Bentang Menerus








Gambar 3.4 Bagan Alir Analisis Pelat dengan Bentang Menerus

## B. Langkah Pembuatan Program

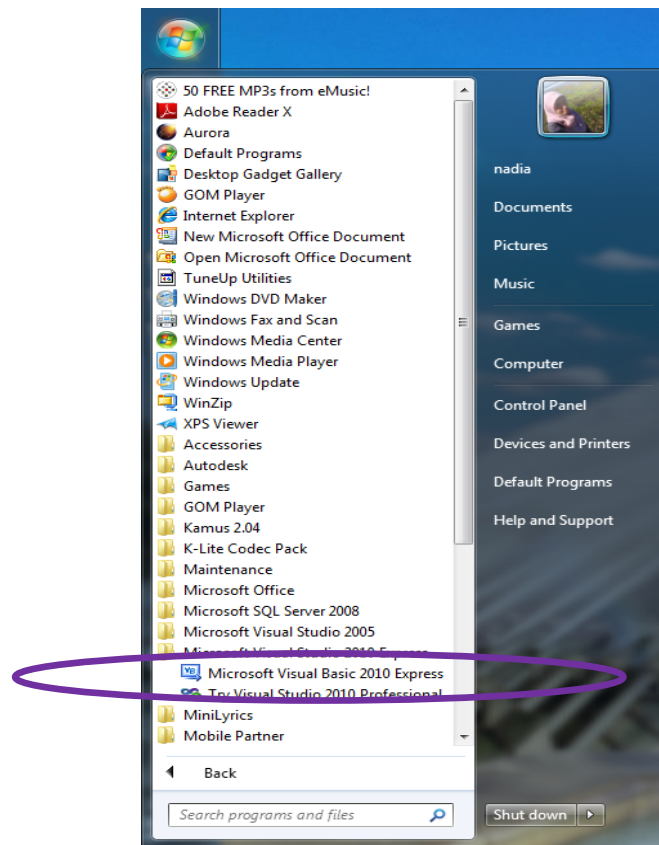
### 1. Membuka aplikasi Visual Basic Express 2010

Untuk membuka aplikasi Visual Basic Express 2010 dapat melalui beberapa cara, antara lain sebagai berikut :

#### a. Melalui *Start Menu*

- 1) Klik *start menu* 
- 2) Pilih *All Programs*
- 3) Mengklik *Microsoft Visual Studio 2010 Express*
- 4) Pilih *Visual Basic Express 2010*

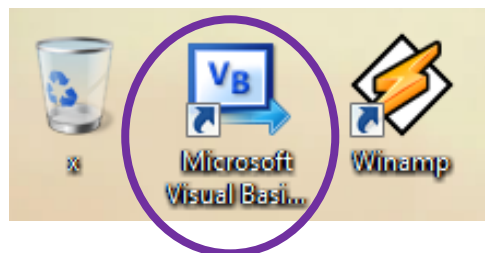




Gambar 3.5. Membuka VB Express 2010 melalui *Start Menu*

b. Melalui *Desktop Shortcut*

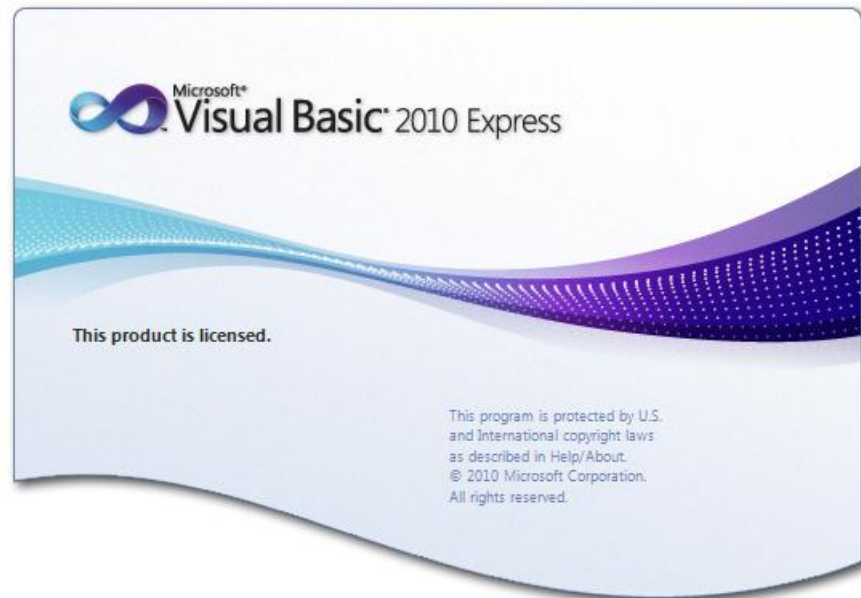
Selain melalui Start Menu, *Visual Basic Express* juga dapat dibuka melalui *Desktop Shortcut*



Gambar 3.6. Membuka VB Express 2010 melalui *Desktop*

## 2. Pengenalan Program

Setelah membuka program *Visual Basic Express 2010*, maka akan muncul tampilan muka sebagai berikut ini :

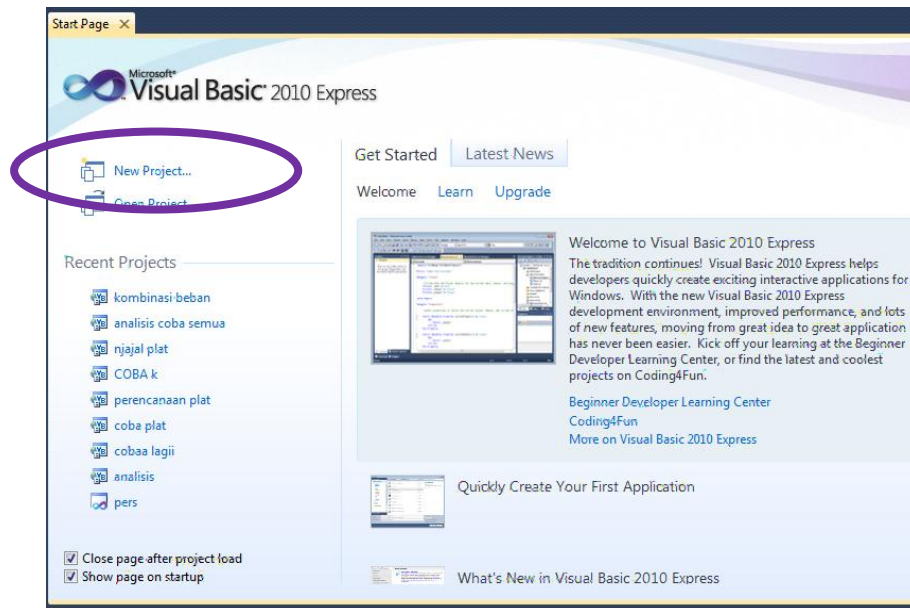


Gambar 3.7. Tampilan *Splash Screen Visual Basic Express*

## 3. Membuat *Project* Baru

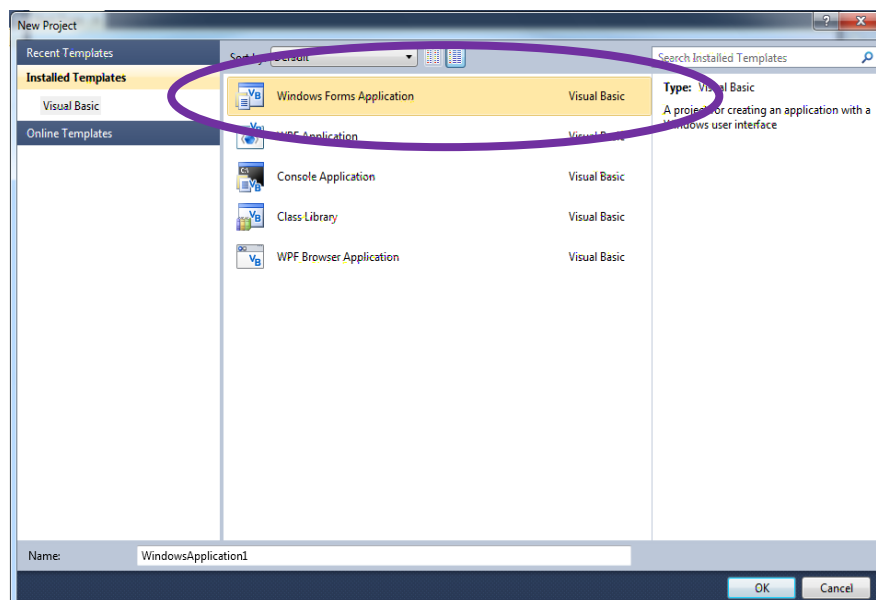
Langkah-langkah dalam pembuatan *project* atau program adalah sebagai berikut:

- a. Pertama, buka program *Visual Basic Express 2010*
- b. Klik *New Project*



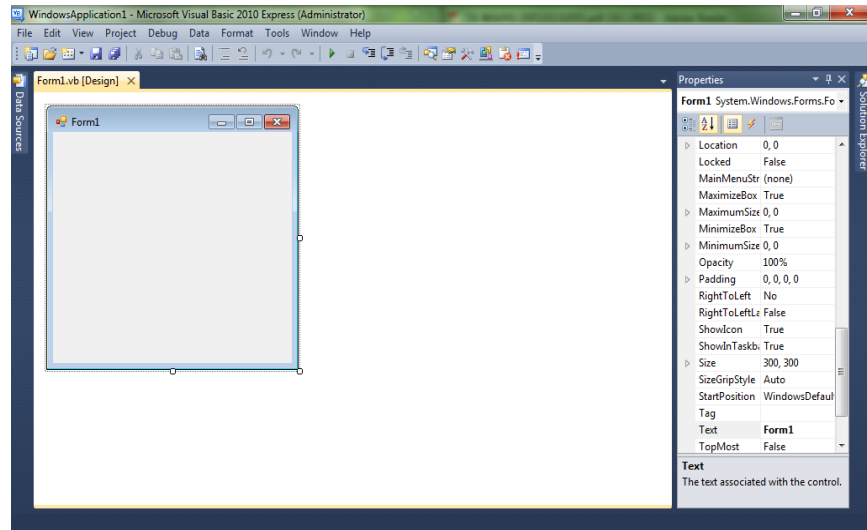
Gambar 3.8. *Start Page*

- c. Atau bisa juga melalui *Menu Bar*, dengan cara meng-klik menu *File* lalu pilih *New Project*.
- d. Lalu akan muncul tampilan dialog seperti berikut



Gambar 3.9. Memilih *Tempelate Project Visual Basic*

- e. Pilih *Windows Form Application*, ketik nama *project* misalnya “Pelat Beton Bertulang”, pada *textbox name*.
- f. Klik OK, sehingga muncul tampilan seperti gambar berikut

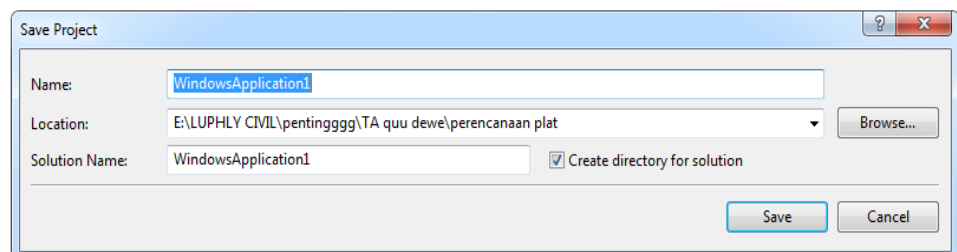


Gambar 3.10. *Project* baru

#### 4. Menyimpan *project*

Setelah aplikasi selesai dan hendak disimpan, maka langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Klik File (pada menu bar) atau tekan tombol Alt + F (pada *keyboard*)
- b. Pilih Save All atau tekan Ctrl + Shift + S (pada *keyboard*), dan akan muncul tampilan seperti berikut :



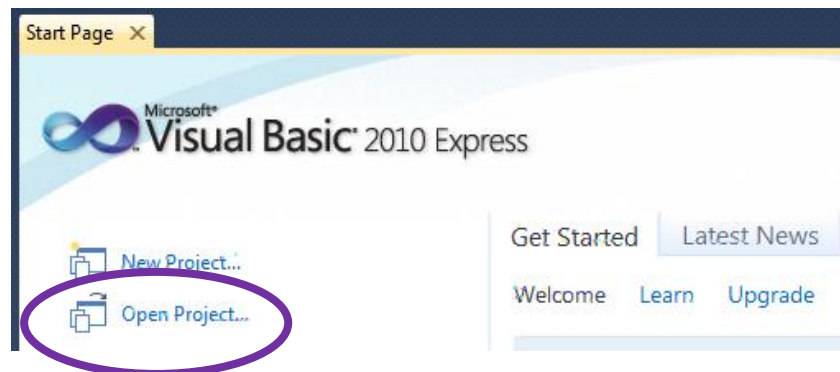
Gambar 3.11. Tampilan Dialog *Save Project*

- c. Isikan nama *project* yang telah dibuat, lalu klik tombol *Save*
  - d. *Project* tersimpan
5. Membuka *project*
- Setelah menyimpan *project*, hal selanjutnya yang perlu diketahui adalah membuka *project* yang telah disimpan. Berikut ini langkah-langkahnya :
- a. Pilih perintah File (pada menu bar) lalu pilih *Open Project*.
  - b. Atau bisa melalui *shortcut key* dengan menekan tombol Ctrl+o pada *keyboard*.
  - c. Atau bisa melalui tombol *Open Project* pada *toolbar standard*.



Gambar 3.12. Tombol *Open Project* pada *Toolbar Standard*

- d. Atau bisa juga melalui *Start Page* pada saat pertama kali membuka *Visual Basic Express 2010*.



Gambar 3.13. *Open Project* melalui *Start Page*.

## 6. Tampilan Program Perhitungan Struktur Pelat Beton Bertulang

### a. Menu Utama Program Perhitungan Struktur Pelat Beton Bertulang



Gambar 3.14. Menu Utama Program

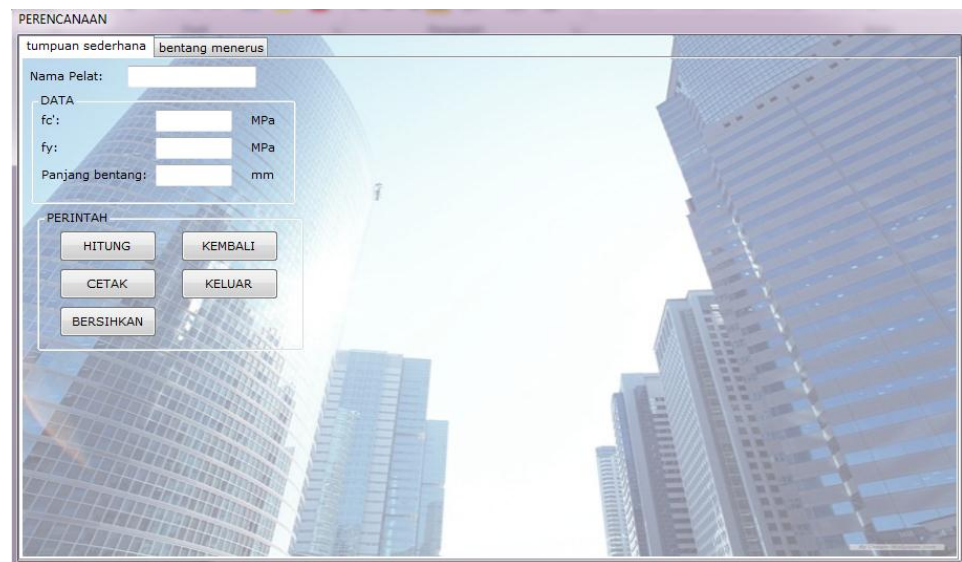
Komponen menu utama pada program perhitungan struktur pelat beton bertulang adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1. Komponen Menu Utama

Jumlah	Object	Properties	Nilai
5	Label	Name	Label1, label2, label3, label4 dst.
		Text	“Program Perhitungan Struktur Pelat Beton Bertulang” “Di Buat oleh” dan seterusnya.
4	Button	Name	Button1, Button2, dan seterusnya

		<i>Text</i>	Perencanaan, Analisis, Bantuan, dan Keluar
1	<i>Picturebox</i>	<i>name</i>	<i>Picturebox1</i>
		<i>image</i>	UNY
1	<i>Groupbox</i>	<i>Name</i>	<i>Groupbox1</i>

b. Tampilan Perencanaan Program Perhitungan Struktur Pelat Beton Bertulang dengan Tumpuan Sederhana



Gambar 3.15. Tampilan Program Perencanaan Struktur Pelat Beton Bertulang dengan Tumpuan Sederhana

Tabel 3.2. Komponen Tampilan Perencanaan Pelat Beton Bertulang  
dengan Tumpuan Sederhana

<b>Jumlah</b>	<b>Object</b>	<b>Properties</b>	<b>Nilai</b>
7	<i>Label</i>	<i>Name</i>	<i>Label1, label2, label3, label4</i> dan seterusnya.
		<i>Text</i>	$f_c'$ , $f_y$ , Panjang bentang, MPa, mm
5	<i>Button</i>	<i>Name</i>	<i>Button1, Button2, Button3,</i> <i>Button4, Button5</i>
		<i>Text</i>	Hitung, Cetak, Bersihkan, Kembali, Keluar
4	<i>Textbox</i>	<i>Name</i>	Nama_pelat, $f_c$ _sd, $f_y$ _sd, panjang_sd
		<i>Text</i>	-
5	<i>GroupBox</i>	<i>Name</i>	<i>GroupBox1, Groupbox2 dan</i> <i>GroupBox3, Groupbox 4,</i> <i>GroupBox 5</i>
		<i>Text</i>	Data, Kombinasi Beban, Perintah
2	<i>ComboBox</i>	<i>Name</i>	<i>ComboBox1, ComboBox2</i>
		<i>Text</i>	Data, Perintah
1	<i>Tab Control</i>	<i>Name</i>	<i>TabControl1</i>
		<i>Text</i>	Tumpuan Sederhana, Bentang Menerus



c. Tampilan Program Analisis Perhitungan Struktur Pelat Beton Bertulang dengan Tumpuan Sederhana

Gambar 3.16. Tampilan Program Analisis Struktur Pelat Beton

Bertulang dengan Tumpuan Sederhana

Tabel 3.3. Komponen Tampilan Analisis Pelat Beton Bertulang

Jumlah	Object	Properties	Nilai
13	Label	Name	Label1, label2, label3, label4 dan seterusnya
		Text	Nama Pelat, $f_c'$ , $f_y$ , Panjang Pelat (arah x), Lebar Pelat (arah y), Diameter Tulangan, Selimut Beton, Tebal Pelat,

			Jarak Tulangan, MPa, mm, kN/m <sup>2</sup>
5	<i>Button</i>	<i>Name</i>	<i>Button1, Button2, Button3, Button4, Button5</i>
		<i>Text</i>	Hitung, Cetak, Bersihkan, Kembali, Keluar
15	<i>Textbox</i>	<i>Name</i>	Nama_pelat, a_fc_sd, a_fy_sd, panjang_pelat, lebar_pelat, diameter_tul, sel_beton, tebal_pelat, dst
		<i>Text</i>	-
4	<i>Groupbox</i>	<i>Name</i>	<i>Groupbox1, Groupbox2, Groupbox3, Groupbox4</i>
		<i>Text</i>	Data, Kombinasi Beban, Perintah
1	<i>TabControl</i>	<i>Name</i>	<i>TabControl1</i>
		<i>Text</i>	Tumpuan Sederhana, Bentang Menerus

## BAB IV

### CONTOH SOAL/PERMASALAHAN, HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. PERHITUNGAN MANUAL

##### 1. Perencanaan Pelat Satu Arah dengan Tumpuan Sederhana

Rencanakan suatu pelat satu arah yang terletak pada dukungan sederhana dan mendukung beban hidup terbagi rata  $16 \text{ kN/m}^2$ , beban mati  $3 \text{ kN/m}^2$ .

Panjang bentang  $3,0 \text{ m}$  (pusat ke pusat dukungan), beton  $f_c' = 20 \text{ MPa}$  dan baja  $f_y = 300 \text{ MPa}$ . (Sumber: Istimawan Dipohusodo)

Penyelesaian:

- a. Hitung ketebalan pelat (**SNI pasal 11.5.3, tabel 8**)

$$\begin{aligned}h_{\min} &= \left(\frac{1}{20}\right) \ell \left[0,4 + \frac{f_y}{700}\right] \\&= \left(\frac{1}{20}\right) 3000 \left[0,4 + \frac{300}{700}\right] \\&= 124,2857 \text{ mm}\end{aligned}$$

Digunakan  $h = 125 \text{ mm}$ , ditinjau untuk setiap lebar pelat  $1 \text{ m}$

- b. Kombinasi beban terfaktor

$$\begin{aligned}w_u &= 1,2 w_{DL} + 1,6 w_{LL} \\&= (1,2 \cdot 3) + (1,6 \cdot 16) \\&= 29,2 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- c. Momen perlu

$$M_u = \left(\frac{1}{8}\right) w_u \ell^2$$

$$= \left(\frac{1}{8}\right) 29,2 \cdot 3^2$$

$$= 32,85 \text{ kNm}$$

d. Perencanaan Pelat

$$d = h - S_b - \frac{1}{2}D$$

$$= 125 - 20 - 9,5$$

$$= 95,5 \text{ mm}$$

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{32,85 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95,5^2} = 4,502$$

$$k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$4,502 = 20 \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$0 = 11,8\omega^2 - 20\omega + 4,502$$

$$\omega_1 = 1,428 \quad ; \quad \omega_2 = 0,267$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 20}{300} 0,85 \frac{600}{600 + 300} = 0,0321$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,267 \cdot 20}{300} = 0,0178$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0321 = 0,0241$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,00467$$

$$\text{Cek } \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0178 < \rho_{\text{max}} = 0,0241 \text{ -oke-}$$

$$\text{Cek } \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0178 > \rho_{\text{min}} = 0,00467 \text{ -oke-}$$

$$\text{maka dipakai } \rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,0178$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0178 \cdot 1000 \cdot 95,5 \\
 &= 1701,552 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Menentukan formasi tulangan

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi 19^2 = 283,643 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak tulangan pokok

$$= \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{283,643 \cdot 1000}{1701,552} = 166,697 \text{ mm, dibulatkan } 170 \text{ mm}$$

maka tulangan yang dipakai **D19 – 170**

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{1701,552}{283,643} = 5,998 \sim 6 \text{ per meter,}$$

maka dipakai tulangan **6D19**

Tulangan susut dan suhu **(SNI pasal 9.12.2)**

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0,002 \cdot b \cdot h \\
 &= 0,002 \cdot 1000 \cdot 125 \\
 &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{1}{4} \pi \text{ diameter susut suhu}^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi 9^2 \\
 &= 63,617 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak tulangan susut suhu

$$= \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{63,617 \cdot 1000}{250} = 254,468, \text{ dibulatkan } 250$$

Maka dipakai tulangan **D9-250**

## 2. Perencanaan Pelat Satu Arah dengan Bentang Menerus

Rencanakan penulangan pelat lantai, jika diketahui:

- Bentang arah x (panjang) = 7000 mm
- Bentang arah y (lebar) = 3400 mm
- $f_c' = 20 \text{ MPa}$
- $f_y = 400 \text{ MPa}$
- Beban mati ( $w_{DL}$ ) =  $4 \text{ kN/m}^2$
- Beban hidup ( $w_{LL}$ ) =  $10 \text{ kN/m}^2$

(Sumber: Slamet Widodo, 2009)

Penyelesaian:

a. Perbandingan panjang terhadap lebar bentang

$$= \frac{7000}{3400} = 2,06 > 2,0 \text{ maka termasuk pelat 1 arah}$$

b. Perencanaan Pelat Satu Arah

1) Hitung ketebalan pelat (SNI pasal 11.5.3, tabel 8)

- Untuk pelat dengan satu ujung menerus

$$h_{\min} = \left(\frac{1}{24}\right) \ell_y = \frac{3400}{24} = 141,67 \text{ mm}$$

dibulatkan menjadi 150 mm

- Untuk pelat dengan kedua ujung menerus

$$h_{\min} = \left(\frac{1}{28}\right) \ell_y = \frac{3400}{28} = 121,43 \text{ mm}$$

dibulatkan menjadi 130 mm

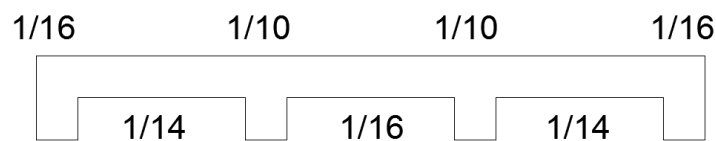
maka, ditetapkan tebal pelat = 150 mm

2) Menghitung Beban

Menentukan beban

$$\begin{aligned}w_u &= 1,2 w_{DL} + 1,6 w_{LL} \\&= (1,2 \cdot 4) + (1,6 \cdot 10) \\&= 20,8 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

c. Menentukan Momen Rencana



1) Momen tumpuan ujung jepit  $= \left(\frac{1}{16}\right) \cdot w_u \cdot \ell_y^2$

$$= \left(\frac{1}{16}\right) (20,8)(3,4)^2 = 15,028 \text{ kNm}$$

2) Momen lapangan ujung  $= \left(\frac{1}{14}\right) \cdot w_u \cdot \ell_y^2$

$$= \left(\frac{1}{14}\right) (20,8)(3,4)^2 = 17,175 \text{ kNm}$$

3) Momen tumpuan dalam  $= \left(\frac{1}{10}\right) \cdot w_u \cdot \ell_y^2$

$$= \left(\frac{1}{10}\right) (20,8)(3,4)^2 = 24,045 \text{ kNm}$$

4) Momen lapangan dalam  $= \left(\frac{1}{16}\right) \cdot w_u \cdot \ell_y^2$

$$= \left(\frac{1}{16}\right) (20,8)(3,4)^2 = 15,028 \text{ kNm}$$

d. Perencanaan Pelat

- Daerah tumpuan ujung jepit

$$d = h - S_b - \frac{1}{2}D = 150 - 20 - 5 = 125 \text{ mm}$$

$$M_u = 15,028 \text{ kNm} = 15,028 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi b d^2 k$$

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{15,028 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 125^2} = 1,20224$$

$$k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$1,20224 = 20 \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$0 = 14,75\omega^2 - 20\omega + 1,20224$$

$$\omega_1 = 1,6325 \quad ; \quad \omega_2 = 0,0624$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 20}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0217$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,0624 \cdot 20}{400} = 0,00312$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0217 = 0,0163$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\text{Cek } \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00312 < \rho_{\text{max}} = 0,0163 \quad \text{-oke-}$$

$$\text{Cek } \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00312 < \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$\text{Dipakai } \rho = \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 125$$



$$= 437,5 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menentukan formasi tulangan

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan pokok} &= \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{437,5} \\ &= 179,592 \text{ mm dibulatkan } 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai **D10 – 180**

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{437,5}{78,57} \\ &= 5,568 \sim 6 \text{ per meter, maka dipakai tulangan } \mathbf{6D10} \end{aligned}$$

▪ Daerah lapangan ujung

$$d = h - s - \frac{1}{2}D = 150 - 20 - 5 = 125 \text{ mm}$$

$$M_u = 17,175 \text{ kNm} = 17,175 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi b d^2 k$$

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{17,175 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 125^2} = 1,374$$

$$k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$1,374 = 20 \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$0 = 14,75\omega^2 - 20\omega + 1,374$$

$$\omega_1 = 1,6232 \quad ; \quad \omega_2 = 0,0717$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 20}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0217$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,0717 \cdot 20}{400} = 0,00359$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0217 = 0,0163$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00359 < \rho_{\text{max}} = 0,0163 \quad \text{-oke-}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00359 > \rho_{\text{min}} = 0,0035 \quad \text{-oke-}$$

maka dipakai  $\rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,00359$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,00359 \cdot 1000 \cdot 125 \\ &= 448,3473 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan pokok} &= \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{448,3473} \\ &= 175,247 \text{ mm dibulatkan } 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai **D10 – 180**

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{448,3474}{78,57}$$

= 5,706 ~ 6 per meter, maka dipakai tulangan **6D10**

- Daerah tumpuan dalam

$$d = h - s - \frac{1}{2}D = 150 - 20 - 5 = 125 \text{ mm}$$

$$M_u = 24,045 \text{ kNm} = 24,045 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi b d^2 k$$

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{24,045 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 125^2} = 1,9236$$

$$k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$1,9236 = 20 \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$0 = 14,75\omega^2 - 20\omega + 1,9236$$

$$\omega_1 = 1,592 \quad ; \quad \omega_2 = 0,1023$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 20}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0217$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,1023 \cdot 20}{400} = 0,00512$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0217 = 0,0163$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00512 < \rho_{\text{max}} = 0,0163 \quad \text{-oke-}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00512 > \rho_{\text{min}} = 0,0035 \quad \text{-oke-}$$

maka dipakai  $\rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,00512$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00512 \cdot 1000 \cdot 125 \\ &= 639,757 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{st}} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tulangan pokok} = \frac{A_{\text{st}} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{639,757}$$

$$= 122,8145 \text{ mm} \quad \text{dibulatkan } 130 \text{ mm}$$

Maka tulangan yang dipakai **D10 – 130**

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{639,757}{78,57}$$

= 8,142 ~ 8 per meter,      maka dipakai tulangan **8D10**

▪ Daerah lapangan dalam

$$d = h - s - \frac{1}{2}D = 150 - 20 - 5 = 125 \text{ mm}$$

$$M_u = 15,028 \text{ kNm} = 15,028 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi b d^2 k$$

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{15,028 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 125^2} = 1,202$$

$$k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$1,202 = 20 \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$0 = 14,75\omega^2 - 20\omega + 1,202$$

$$\omega_1 = 1,6325 \quad ; \quad \omega_2 = 0,0624$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 20}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0217$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,0624 \cdot 20}{400} = 0,00312$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0217 = 0,0163$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00312 < \rho_{\text{max}} = 0,0163 \quad \text{-oke-}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00312 < \rho_{\text{min}} = 0,0035 \quad \text{-oke-}$$

maka dipakai  $\rho = \rho_{\text{min}} = 0,0035$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 125$$

$$= 437,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan pokok} = \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{437,5}$$

$$= 179,59 \text{ mm} \text{ dibulatkan } 180 \text{ mm}$$

Maka tulangan yang dipakai **D10 – 180**

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{437,5}{78,57}$$

$$= 5,56 \sim 6 \text{ per meter,} \quad \text{maka dipakai tulangan } \mathbf{6D10}$$

▪ Tulangan susut dan suhu

$$A_s = 0,0018 b h$$

$$= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 150$$

$$= 270 \text{ mm}$$

$$A_{st} = \frac{1}{4} \pi \text{ diameter susut suhu}^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 6^2$$

$$= 28,274 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan susut suhu

$$= \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{28,274 \cdot 1000}{270} = 104,718, \text{ dibulatkan } 100$$

Di pakai tulangan **D6-100**

### 3. Perencanaan Pelat Dua Arah

Suatu bangunan bertingkat banyak dengan lebar pelat 5,50 m, panjang pelat 7,20 m. beban yang ditinjau: beban gravitasi, beban hidup 5,40 kPa, beban mati 4,84 kPa,  $f_c' = 30$  MPa,  $f_y = 400$  MPa. Rencanakan panel pelat dan penulangannya. (Sumber: Istimawan Dipohusodo)

Penyelesaian:

- a. Perbandingan panjang terhadap lebar bentang  $= 7,2/5,5 = 1,31 < 2,0$

maka berlaku aksi dua arah

- b. Tebal pelat dicoba 180 mm

$$d = h - s - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

- 1) Pemeriksaan tebal pelat berdasarkan syarat lendutan :

$$\begin{aligned} \ell_{n1} \text{ arah } x &= 7,2 - 2 \cdot d = 7,2 - 2(1,55) = 6,89 \text{ m} \\ \ell_{n2} \text{ arah } y &= 5,5 - 2 \cdot d = 5,5 - 2(1,55) = 5,19 \text{ m} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \ell_{n1} \text{ arah } x \\ \ell_{n2} \text{ arah } y \end{aligned}} \right\} \text{ pkp}$$

- 2) Nilai banding panjang (x) terhadap lebar (y)

$$\beta = \frac{6,89}{5,19} = 1,33$$

- 3) Periksa lendutan

karena ketebalan nilai  $\alpha_m$  belum diketahui, maka diasumsikan  $\alpha_m > 2$

$$h > 90$$

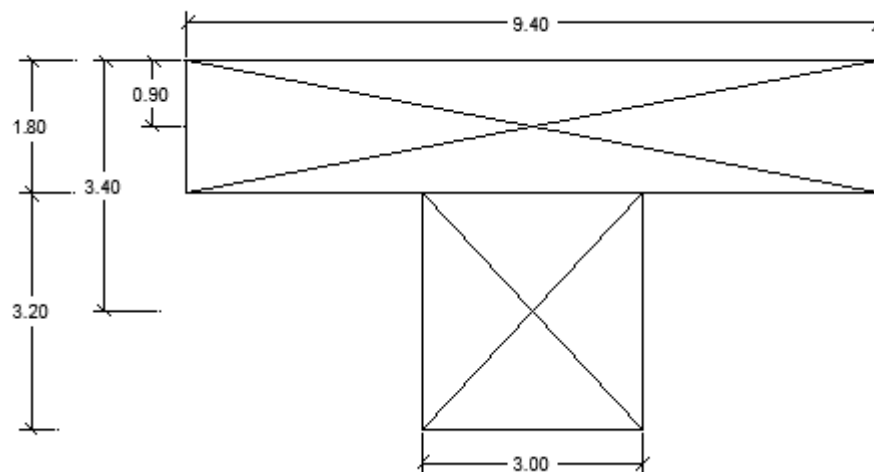
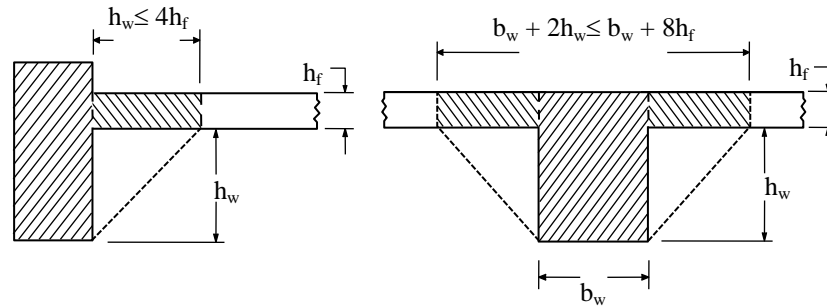
SNI pasal 11.5.3

$$h \geq \ell_n \frac{0,8 + \frac{f_y}{1500}}{36 + 9\beta} = \frac{6890 \cdot 0,8 + \frac{400}{1500}}{36 + 9(1,33)} = 153,277 \text{ mm}$$

Dengan demikian  $h = 180$  dapat dipakai.

c. Hubungan antara balok dan pelat

SNI pasal 15.2.4 , gambar 27 hal. 138



$$\begin{aligned}
 b_E &= 2(h_w) + b_w \\
 &= 2(320) + 300 \\
 &= 940 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$b_E$  = lebar efektif

dengan syarat panjang sayap tidak lebih dari  $4t = 4 \cdot 180 = 720 \text{ mm}$

$h_w < 4t$  (SNI pasal 15.2.4)

$320 < 720$  oke!

4) Persamaan statis momen terhadap tepi atas

$$y = \frac{((180)(940)(90)) + ((300)(320)(160+180))}{((180)(940)) + ((300)(320))}$$

$$= 180,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_b &= \left(\frac{1}{12}\right) (940)(180)^3 + (940)(180)(90-180,5)^3 + \left(\frac{1}{12}\right) (300)(320)^3 \\ &\quad + (300)(320)(340-180,5)^3 \\ &= 5104094299 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

5) Rasio kekakuan balok-pelat

Untuk arah memanjang bangunan

$$I_{b1} = I_b$$

$$\begin{aligned} I_{s1} &= \left(\frac{1}{12}\right) \cdot \ell_1 \cdot h^3 = \left(\frac{1}{12}\right) 7200 \cdot 180^3 \\ &= 3499200000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$E_{cb} = E_{cs}$$

$$\alpha_1 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_{s1}} = \frac{5104094300}{3499200000} = 1,458$$

untuk arah melebar bangunan

$$I_{b2} = I_b$$

$$\begin{aligned} I_{s2} &= \left(\frac{1}{12}\right) \cdot \ell_2 \cdot h^3 = \left(\frac{1}{12}\right) 5500 \cdot 180^3 \\ &= 2673000000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$E_{cb} = E_{cs}$$

$$\alpha_1 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_{s1}} = \frac{5104094300}{2673000000} = 1,91$$



$$\begin{aligned}\text{maka } \alpha_m &= \left[ \left( \frac{1}{4} (1,46) (2) \right) + \left( \frac{1}{4} (1,91)(2) \right) \right] \\ &= 1,684\end{aligned}$$

Cek lagi dengan SNI pasal 11.5.3 b

$$h = \ell_n \frac{0,8 + \frac{f_y}{1500}}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)} = \frac{6900 \cdot 0,8 + \frac{400}{1500}}{36 + (5 (1,33)(1,69 - 0,2))}$$

$$= 160,3 \text{ mm} > 120$$

oke!!

Jadi  $h = 180 \text{ mm}$  dengan  $d = 150 \text{ mm}$  dapat digunakan

d. Menentukan beban

$$\begin{aligned}w_U &= 1,2 w_{DL} + 1,6 w_{LL} \\ &= (1,2 \cdot 4,84) + (1,6 \cdot 5,4) \\ &= 14,448 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

e. Menentukan momen

Untuk arah memanjang bangunan

$$\begin{aligned}M_o &= \left( \frac{1}{8} \right) w_U \cdot \ell_y \cdot \ell_{nx}^2 \\ &= \left( \frac{1}{8} \right) 14,448 \cdot 1 \cdot 6,89^2 = 85,735 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Untuk arah melebar bangunan

$$\begin{aligned}M_o &= \left( \frac{1}{8} \right) w_U \cdot \ell_x \cdot \ell_{ny}^2 \\ &= \left( \frac{1}{8} \right) 14,448 \cdot 1 \cdot 5,19 = 48,647 \text{ kNm}\end{aligned}$$

1) Bentang ujung

a)  $M_u$  untuk arah memanjang bangunan

$$\begin{aligned}\text{Tumpuan dalam arah } x &= 0,75 \cdot M_o \\ &= 0,75 \cdot 85,735 \\ &= 64,301 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lapangan arah } x &= 0,63 \cdot M_o \\ &= 0,35 \cdot 85,735 \\ &= 54,013 \text{ kNm}\end{aligned}$$

b)  $M_u$  untuk arah melebar bangunan

$$\begin{aligned}\text{Tumpuan dalam arah } y &= 0,75 \cdot M_o \\ &= 0,75 \cdot 48,647 \\ &= 36,485 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lapangan arah } y &= 0,63 \cdot M_o \\ &= 0,35 \cdot 48,647 \\ &= 30,647 \text{ kNm}\end{aligned}$$

2) Bentang dalam

a)  $M_u$  untuk arah memanjang bangunan

$$\begin{aligned}\text{Tumpuan } M_{utx} &= 0,65 \cdot M_o \\ &= 0,65 \cdot 85,735 \\ &= 55,727 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lapangan } M_{ulx} &= 0,35 \cdot M_o \\ &= 0,35 \cdot 85,735 \\ &= 30,007 \text{ kNm}\end{aligned}$$

maka  $\alpha_1 \cdot \ell_y / \ell_x = 1,114 > 1,0$  -oke-

b)  $M_u$  untuk arah melebar bangunan

$$\begin{aligned}\text{Tumpuan } M_{uty} &= 0,65 \cdot M_o \\ &= 0,65 \cdot 48,647 \\ &= 31,620 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lapangan } M_{uly} &= 0,35 \cdot M_o \\ &= 0,35 \cdot 48,647 \\ &= 17,026 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\text{Maka } \alpha_1 \cdot \ell_x / \ell_y = 4,8494 \cdot 1,2$$

$$= 2,499 > 1,0 \text{ -oke-}$$

f. Perencanaan pelat

1) Bentang ujung

▪ Daerah tumpuan dalam arah x

$$d = h - s - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_u = 64,3009 \text{ kNm} = 64,3009 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi b d^2 k$$

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{64,3009 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 3,345$$

$$k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$3,345 = 30 \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$0 = 17,7\omega^2 - 30\omega + 3,345$$

$$\omega_1 = 1,575 \quad ; \quad \omega_2 = 0,120$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,120 \cdot 30}{400} = 0,009$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,009 < \rho_{\text{max}} = 0,0244 \quad \text{-oke-}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,009 > \rho_{\text{min}} = 0,0035 \quad \text{-oke-}$$

maka dipakai  $\rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,009$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,009 \cdot 1000 \cdot 155 \\ &= 1395,182 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan susut dan suhu

$$\begin{aligned} A_s &= 0,0018 \cdot b \cdot h \\ &= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 180 \\ &= 324 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ total}} &= 1395,182 + 324 \\ &= 1719,182 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan pokok} &= \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{1719,182} \\ &= 45,7 \text{ mm} \quad \text{dibulatkan 50 mm} \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai **D10 – 50**

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{1719,182}{78,57}$$

= 21,88 ~ 22 per meter,      maka dipakai tulangan **22D10**

▪ Daerah lapangan arah x

$$d = h - s - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_u = 54,0128 \text{ kNm} = 54,0128 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi b d^2 k$$

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{54,0128 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 2,8102$$

$$k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$2,8102 = 30 \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$0 = 17,7\omega^2 - 30\omega + 2,8102$$

$$\omega_1 = 1,595 \quad ; \quad \omega_2 = 0,0995$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,0995 \cdot 30}{400} = 0,0046$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0046 < \rho_{\text{max}} = 0,0244 \quad \text{-oke-}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0046 > \rho_{\text{min}} = 0,0035 \quad \text{-oke-}$$

maka dipakai  $\rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,0046$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,0046 \cdot 1000 \cdot 155$$

$$= 1156,896 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan pokok} = \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{1156,896}$$

$$= 67,916 \text{ mm} \text{ dibulatkan } 70 \text{ mm}$$

Maka tulangan yang dipakai **D10 – 70**

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{1156,896}{78,57}$$

$$= 14,724 \sim 15 \text{ per meter,} \quad \text{maka dipakai tulangan } \mathbf{15D10}$$

- Daerah tumpuan dalam arah y

$$d = h - s - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_u = 36,485 \text{ kNm} = 36,485 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi b d^2 k$$

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{36,485 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 1,898$$

$$k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$1,898 = 30 \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$0 = 17,7\omega^2 - 30\omega + 1,898$$

$$\omega_1 = 1,629 \quad ; \quad \omega_2 = 0,0658$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,0658 \cdot 30}{400} = 0,00494$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00494 < \rho_{\text{max}} = 0,0244 \quad \text{-oke-}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00494 > \rho_{\text{min}} = 0,0035 \quad \text{-oke-}$$

maka dipakai  $\rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,0095$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,00494 \cdot 1000 \cdot 155 \\ &= 765,309 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan susut dan suhu

$$\begin{aligned} A_s &= 0,0018 b h \\ &= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 180 \\ &= 324 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ total}} &= 765,309 + 324 \\ &= 1089,309 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tulangan pokok} = \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{1089,309}$$

$$= 72,128 \text{ mm} \quad \text{dibulatkan } 80 \text{ mm}$$

Maka tulangan yang dipakai **D10 – 80**

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{1089,309}{78,57}$$

= 13,86 ~ 14 per meter,      maka dipakai tulangan **14D10**

▪ Daerah lapangan arah y

$$d = h - s - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_u = 30,647 \text{ kNm} = 30,647 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi b d^2 k$$

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{30,647 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 1,594$$

$$k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$1,594 = 30 \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$0 = 17,7\omega^2 - 30\omega + 1,594$$

$$\omega_1 = 1,639 \quad ; \quad \omega_2 = 0,055$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,055 \cdot 30}{400} = 0,00412$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00412 < \rho_{\text{max}} = 0,0244 \quad \text{-oke-}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00412 > \rho_{\text{min}} = 0,0035 \quad \text{-oke-}$$

maka dipakai  $\rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,00412$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,00412 \cdot 1000 \cdot 155$$

$$= 638,567 \text{ mm}^2$$



$$A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan pokok} = \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{638,567}$$

$$= 123,039 \text{ mm dibulatkan } 130 \text{ mm}$$

Maka tulangan yang dipakai **D10 – 130**

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{638,567}{78,57}$$

$$= 8,127 \sim 8 \text{ per meter,} \quad \text{maka dipakai tulangan } \mathbf{8D10}$$

## 2) Bentang dalam

### ▪ Daerah tumpuan arah x

$$d = h - s - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_u = 55,727 \text{ kNm} = 55,727 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi b d^2 k$$

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{55,727 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 2,899$$

$$k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$2,899 = 30 \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$0 = 17,7\omega^2 - 30\omega + 2,899$$

$$\omega_1 = 1,592 \quad ; \quad \omega_2 = 0,1029$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,1029 \cdot 30}{400} = 0,00772$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00772 < \rho_{\max} = 0,0244 \quad \text{-oke-}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00772 > \rho_{\min} = 0,0035 \quad \text{-oke-}$$

maka dipakai  $\rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,00772$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,00772 \cdot 1000 \cdot 155 \\ &= 1196,154 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan susut dan suhu

$$\begin{aligned} A_s &= 0,0018 b h \\ &= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 180 \\ &= 324 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ total}} &= 1196,154 + 324 \\ &= 1520,154 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan pokok} &= \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{1520,154} \\ &= 51,685 \text{ mm} \text{ dibulatkan } 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai **D10 – 50**

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{1520,154}{78,57}$$

= 19,347 ~ 20 per meter,      maka dipakai tulangan **20D10**

- Daerah lapangan arah x

$$d = h - s - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_u = 30,007 \text{ kNm} = 30,007 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi b d^2 k$$

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{30,007 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 1,561$$

$$k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$1,561 = 30 \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$0 = 17,7\omega^2 - 30\omega + 1,561$$

$$\omega_1 = 1,64 \quad ; \quad \omega_2 = 0,0641$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,0641 \cdot 30}{400} = 0,00403$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00403 < \rho_{\text{max}} = 0,0244 \quad \text{-oke-}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00403 > \rho_{\text{min}} = 0,0035 \quad \text{-oke-}$$

$$\text{maka dipakai } \rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,00403$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,00403 \cdot 1000 \cdot 155 \\ &= 624,794 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{st}} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tulangan pokok} = \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{624,794}$$

$$= 125,756 \text{ mm dibulatkan } 130 \text{ mm}$$

Maka tulangan yang dipakai **D10 – 130**

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{624,794}{78,57}$$

$$= 7,95 \sim 8 \text{ per meter, maka dipakai tulangan } \mathbf{8D10}$$

▪ Daerah tumpuan arah y

$$d = h - s - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_u = 31,620 \text{ kNm} = 31,620 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi b d^2 k$$

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{31,620 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 1,645$$

$$k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$1,645 = 30 \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$0 = 17,7\omega^2 - 30\omega + 1,645$$

$$\omega_1 = 1,638 \quad ; \quad \omega_2 = 0,0567$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,0567 \cdot 30}{400} = 0,00425$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00425 < \rho_{\text{max}} = 0,0244 \quad \text{-oke-}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00425 > \rho_{\text{min}} = 0,0035 \quad \text{-oke-}$$

maka dipakai  $\rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,00425$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00425 \cdot 1000 \cdot 155 \\ &= 659,586 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan susut dan suhu

$$\begin{aligned} A_s &= 0,0018 \cdot b \cdot h \\ &= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 180 \\ &= 324 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ total}} &= 659,586 + 324 \\ &= 983,586 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan pokok} &= \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{983,586} \\ &= 79,88 \text{ mm} \quad \text{dibulatkan 80 mm} \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai **D10 – 80**

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{983,586}{78,57}$$

= 12,52 ~ 13 per meter,      maka dipakai tulangan **13D10**

▪ Daerah lapangan arah y

$$d = h - s - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_u = 17,026 \text{ kNm} = 17,026 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi b d^2 k$$

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{17,026 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 0,886$$

$$k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$0,886 = 30 \omega (1 - 0,59\omega)$$

$$0 = 17,7\omega^2 - 30\omega + 0,886$$

$$\omega_1 = 1,665 \quad ; \quad \omega_2 = 0,0301$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,0301 \cdot 30}{400} = 0,00225$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00225 < \rho_{\text{max}} = 0,0244 \quad \text{-oke-}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00225 < \rho_{\text{min}} = 0,0035 \quad \text{-oke-}$$

maka dipakai  $\rho = \rho_{\text{min}} = 0,0035$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 155$$

$$= 542,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan pokok} = \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{542,5}$$

$$= 144,832 \text{ mm} \quad \text{dibulatkan } 150 \text{ mm}$$

Maka tulangan yang dipakai **D10 – 150**

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{542,5}{78,57}$$

= 6,9 ~ 7 per meter, maka dipakai tulangan **7D10**

#### 4. Analisis Pelat Satu Arah dengan Tumpuan Sederhana

- a. Suatu pelat satu arah yang terletak pada dukungan sederhana dan mendukung beban hidup terbagi rata  $10 \text{ kN/m}^2$  dan beban mati  $3 \text{ kN/m}^2$  dengan panjang bentang  $3,0 \text{ m}$  (pusat ke pusat dukungan), beton  $f_c' = 20 \text{ MPa}$  dan baja  $f_y = 300 \text{ MPa}$ , tebal pelat  $125 \text{ mm}$ , selimut beton pelindung  $20 \text{ mm}$ . Tulangan baja D19 dengan jarak  $170$ . Cek aman atau tidak konstruksi tersebut.

Penyelesaian:

- 1) Cek ketebalan pelat (SNI pasal 11.5.3, tabel 8)

$$\begin{aligned} h_{\min} &= \left( \frac{1}{20} \right) \ell \left[ 0,4 + \frac{f_y}{700} \right] \\ &= \left( \frac{1}{20} \right) 3000 \left[ 0,4 + \frac{300}{700} \right] \\ &= 124,2857 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tebal pelat  $h = 125 \text{ mm} > h_{\min} = 124,2857$

Tebal pelat memenuhi

- 2) Kombinasi beban terfaktor

$$\begin{aligned} w_u &= 1,2 w_{DL} + 1,6 w_{LL} \\ &= (1,2 \cdot 3) + (1,6 \cdot 10) \\ &= 19,6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

3) Momen Perlu

$$\begin{aligned} M_u &= \left(\frac{1}{8}\right) w_u \ell^2 \\ &= \left(\frac{1}{8}\right) 19,6 \cdot 3^2 \\ &= 22,05 \text{ kNm} \end{aligned}$$

4) Analisis tulangan pelat

$$\begin{aligned} d &= h - S_b - \frac{1}{2}D \\ &= 125 - 20 - (19/2) \\ &= 95,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1000}{170} \cdot \frac{1}{4} \pi 19^2 \\ &= 1668,487 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1668,487}{1000 \cdot 95,5} = 0,0175$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 20}{300} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 300} = 0,0321$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0321 = 0,0241$$

$$A_{s \text{ minimum}} = 0,0020 b h$$

$$= 0,0020 \cdot 1000 \cdot 125$$

$$= 191 \text{ mm}^2/\text{m}' < A_s = 1668,487 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1668,487 \cdot 300}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000} = 29,44$$

$$z = d - \frac{a}{2} = 95,5 - \frac{29,44}{2} = 80,778$$

$$M_n = A_s f_y z$$



$$= 1668,487 \cdot 300 \cdot 80,778$$

$$= 40,433 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 40,433 = 32,346 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek } M_u \leq \phi M_n$$

$$M_u = 22,05 \text{ kNm} < \phi M_n = 32,346 \text{ kNm}$$

**Jadi, konstruksi tersebut aman.**

- b. Suatu pelat satu arah yang terletak pada dukungan sederhana dan mendukung beban hidup terbagi rata  $5 \text{ kN/m}^2$  dan beban mati  $5 \text{ kN/m}^2$  dengan panjang bentang  $2,0 \text{ m}$  (pusat ke pusat dukungan), beton  $f_c' = 20 \text{ MPa}$  dan baja  $f_y = 240 \text{ MPa}$ , tebal pelat  $120 \text{ mm}$ , selimut beton pelindung  $20 \text{ mm}$ . Tulangan baja D8 dengan jarak  $180$ . Cek aman atau tidak konstruksi tersebut.

Penyelesaian:

- 1) Cek ketebalan pelat (SNI pasal 11.5.3, tabel 8)

$$\begin{aligned} h_{\min} &= \left( \frac{1}{20} \right) \ell \left[ 0,4 + \frac{f_y}{700} \right] \\ &= \left( \frac{1}{20} \right) 2000 \left[ 0,4 + \frac{240}{700} \right] \\ &= 74,2857 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat } h = 120 \text{ mm} > h_{\min} = 74,2857$$

Tebal pelat memenuhi

- 2) Kombinasi beban terfaktor

$$w_u = 1,2 w_{DL} + 1,6 w_{LL}$$

$$= (1,2 \cdot 5) + (1,6 \cdot 5)$$

$$= 14 \text{ kN/m}^2$$

3) Momen Perlu

$$M_u = \left(\frac{1}{8}\right) w_u \ell^2$$

$$= \left(\frac{1}{8}\right) \cdot 14 \cdot 3^2$$

$$= 7 \text{ kNm}$$

4) Analisis tulangan pelat

$$d = h - S_b - \frac{1}{2}D$$

$$= 180 - 20 - (8/2)$$

$$= 156 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{1000}{180} \cdot \frac{1}{4} \pi 8^2$$

$$= 279,3651$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{279,3651}{1000 \cdot 156} = 0,00179$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 240} = 0,04301$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,04301 = 0,03225$$

$$A_{s \text{ minimum}} = 0,0020 b h$$

$$= 0,0020 \cdot 1000 \cdot 120$$

$$= 360 \text{ mm}^2/\text{m}' > A_s = 279,3651 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$$a' = \frac{A_s \min \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{279,3651 \cdot 240}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000} = 5,0823$$

$$z = d - \frac{a}{2} = 156 - \frac{5,0823}{2} = 153,4588$$

$$M_n = A_s f_y z$$

$$= 360 \cdot 240 \cdot 153,4588$$

$$= 13,2588 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 13,2588 = 10,6071 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek } M_u \leq \phi M_n$$

$$M_u = 7 \text{ kNm} < \phi M_n = \mathbf{10,6071 \text{ kNm}}$$

**Jadi, konstruksi tersebut aman namun tidak memenuhi ketentuan.**

## 5. Analisis Pelat Satu Arah dengan Bentang Menerus

Cek aman atau tidak penulangan pelat lantai, jika diketahui:

- Bentang arah x (panjang) = 5000 mm
- Bentang arah y (lebar) = 2000 mm
- $f_c' = 20 \text{ MPa}$
- $f_y = 240 \text{ MPa}$
- Beban mati ( $w_{DL}$ ) =  $4 \text{ kN/m}^2$
- Beban hidup ( $w_{LL}$ ) =  $10 \text{ kN/m}^2$
- Tebal pelat = 120 mm
- Tulangan pakai daerah tumpuan ujung jepit D12-200
- Tulangan pakai daerah lapangan ujung D12-200
- Tulangan pakai daerah tumpuan dalam D12-200
- Tulangan pakai daerah lapangan dalam D12-200

Penyelesaian:

a. Perbandingan panjang terhadap lebar bentang

$$= \frac{5000}{2000} = 2,5 > 2,0 \text{ maka termasuk pelat 1 arah}$$

b. Cek ketebalan pelat (SNI pasal 11.5.3, tabel 8)

▪ Untuk pelat dengan satu ujung menerus

$$h_{\min} = \left(\frac{1}{24}\right) \ell_y \left(0,4 \cdot \frac{f_y}{700}\right) = \frac{2000}{24} = 83,33 \text{ mm}$$

▪ Untuk pelat dengan kedua ujung menerus

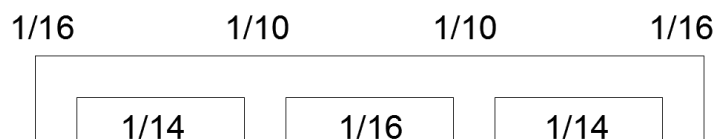
$$h_{\min} = \left(\frac{1}{24}\right) \ell_y \left(0,4 \cdot \frac{f_y}{700}\right) = \frac{2000}{28} = 71,429 \text{ mm}$$

maka, tebal pelat = 120 dapat digunakan

c. Menentukan beban

$$\begin{aligned} w_u &= 1,2 w_{DL} + 1,6 w_{LL} \\ &= (1,2 \cdot 4) + (1,6 \cdot 10) \\ &= 20,8 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

d. Nilai momen yang menentukan



$$\begin{aligned} 1) \text{ Momen tumpuan ujung jepit} &= \left(\frac{1}{16}\right) \cdot w_u \cdot \ell_y^2 \\ &= \left(\frac{1}{16}\right) (20,8)(2)^2 = 5,2 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
2) \text{ Momen lapangan ujung} &= \left(\frac{1}{14}\right) \cdot w_u \cdot \ell_y^2 \\
&= \left(\frac{1}{14}\right) (20,8)(2)^2 = 5,943 \text{ kNm} \\
3) \text{ Momen tumpuan dalam} &= \left(\frac{1}{10}\right) \cdot w_u \cdot \ell_y^2 \\
&= \left(\frac{1}{10}\right) (20,8)(2)^2 = 8,32 \text{ kNm} \\
4) \text{ Momen lapangan dalam} &= \left(\frac{1}{16}\right) \cdot w_u \cdot \ell_y^2 \\
&= \left(\frac{1}{16}\right) (20,8)(2)^2 = 5,2 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

e. Analisis pelat

▪ Daerah tumpuan ujung jepit

$$d = h - S_b - \frac{1}{2}D = 120 - 20 - 6 = 94 \text{ mm}$$

$$M_u = 5,2 \text{ kNm} = 5,2 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
A_s &= \frac{1000}{200} \cdot \frac{1}{4} \pi 12^2 \\
&= 565,7143
\end{aligned}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{565,7143}{1000 \cdot 94} = 0,00602$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 240} = 0,04301$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,04301 = 0,0323$$

$$\begin{aligned}
A_{s \text{ minimum}} &= 0,0020 b h \\
&= 0,0020 \cdot 1000 \cdot 120 \\
&= 240 \text{ mm}^2/\text{m}' < A_s = 565,7143 \text{ mm}^2/\text{m}'
\end{aligned}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{565,7143 \cdot 240}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000} = 7,987$$

$$z = d - \frac{a}{2} = 94 - \frac{7,987}{2} = 90,0067$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s f_y z \\ &= 565,7143 \cdot 240 \cdot 90,0067 \\ &= 12,220 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 12,220 = 9,776 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek } M_u \leq \phi M_n$$

$$M_u = 5,2 \text{ kNm} < \phi M_n = 9,776 \text{ kNm}$$

**Jadi, konstruksi tersebut aman.**

▪ Daerah lapangan ujung

$$d = h - S_b - \frac{1}{2}D = 120 - 20 - 6 = 94 \text{ mm}$$

$$M_u = 5,943 \text{ kNm} = 5,943 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1000}{200} \cdot \frac{1}{4} \pi 12^2 \\ &= 565,7143 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{565,7143}{1000 \cdot 94} = 0,00602$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 240} = 0,04301$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,04301 = 0,0323$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ minimum}} &= 0,0020 b h \\ &= 0,0020 \cdot 1000 \cdot 120 \end{aligned}$$

$$= 240 \text{ mm}^2/\text{m}' < A_s = 565,7143 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{565,7143 \cdot 240}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000} = 7,987$$

$$z = d - \frac{a}{2} = 94 - \frac{7,987}{2} = 90,0067$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s f_y z \\ &= 565,7143 \cdot 240 \cdot 90,0067 \\ &= 12,220 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 12,220 = 9,776 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek } M_u \leq \phi M_n$$

$$M_u = 5,943 \text{ kNm} < \phi M_n = 9,776 \text{ kNm}$$

**Jadi, konstruksi tersebut aman.**

▪ Daerah tumpuan dalam

$$d = h - S_b - \frac{1}{2}D = 120 - 20 - 6 = 94 \text{ mm}$$

$$M_u = 8,32 \text{ kNm} = 8,32 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1000}{200} \cdot \frac{1}{4} \pi 12^2 \\ &= 565,7143 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{565,7143}{1000 \cdot 94} = 0,00602$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 240} = 0,04301$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,04301 = 0,0323$$

$$A_{s \text{ minimum}} = 0,0020 b h$$

$$= 0,0020 \cdot 1000 \cdot 120$$

$$= 240 \text{ mm}^2/\text{m}' < A_s = 565,7143 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{565,7143 \cdot 240}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000} = 7,987$$

$$z = d - \frac{a}{2} = 94 - \frac{7,987}{2} = 90,0067$$

$$M_n = A_s f_y z$$

$$= 565,7143 \cdot 240 \cdot 90,0067$$

$$= 12,220 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 12,220 = 9,776 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek } M_u \leq \phi M_n$$

$$M_u = 8,32 \text{ kNm} < \phi M_n = 9,776 \text{ kNm}$$

**Jadi, konstruksi tersebut aman.**

- Daerah lapangan dalam

$$d = h - S_b - \frac{1}{2}D = 120 - 20 - 6 = 94 \text{ mm}$$

$$M_u = 5,2 \text{ kNm} = 5,2 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$A_s = \frac{1000}{200} \cdot \frac{1}{4} \pi 12^2$$

$$= 565,7143$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{565,7143}{1000 \cdot 94} = 0,00602$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 20}{240} 0,85 \frac{600}{600 + 240} = 0,04301$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,04301 = 0,0323$$



$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ minimum}} &= 0,0020 \text{ b h} \\
 &= 0,0020 \cdot 1000 \cdot 120 \\
 &= 240 \text{ mm}^2/\text{m}' < A_s = 565,7143 \text{ mm}^2/\text{m}'
 \end{aligned}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{565,7143 \cdot 240}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000} = 7,987$$

$$z = d - \frac{a}{2} = 94 - \frac{7,987}{2} = 90,0067$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s f_y z \\
 &= 565,7143 \cdot 240 \cdot 90,0067 \\
 &= 12,220 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 12,220 = 9,776 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek } M_u \leq \phi M_n$$

$$M_u = 5,2 \text{ kNm} < \phi M_n = 9,776 \text{ kNm}$$

**Jadi, konstruksi tersebut aman.**

## 6. Analisis Pelat Dua Arah

Suatu bangunan bertingkat banyak memiliki panjang pelat 7,2 m dan lebar pelat 5,5 m. beban yang ditinjau: beban gravitasi, beban hidup 5,40 kPa, beban mati 4,84 kPa,  $f'_c = 30 \text{ MPa}$ ,  $f_y = 400 \text{ MPa}$ . Data lain dari struktur ini:

- Tebal pelat = 180 mm
- Selimut beton = 20 mm
- Jenis tumpuan ujung = **bentang ujung tepi luar tak terkekang**

Pada bentang ujung:

- tulangan pakai daerah tumpuan arah x D10-50
- tulangan pakai daerah lapangan arah x D10-60
- tulangan pakai daerah tumpuan arah y D10-100
- tulangan pakai daerah lapangan arah y D10-120

Pada bentang dalam:

- tulangan pakai daerah tumpuan arah x D10-60
- tulangan pakai daerah lapangan arah x D10-120
- tulangan pakai daerah tumpuan arah y D10-110
- tulangan pakai daerah lapangan arah y D10-150

Cek aman atau tidak.

Penyelesaian:

- a. Perbandingan panjang terhadap lebar bentang =  $7,2/5,5 = 1,31 < 2,0$   
maka berlaku aksi dua arah

- b. Tebal pelat dicoba 180 mm

$$d = h - s - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

- 1) Pemeriksaan tebal pelat berdasarkan syarat lendutan :

$$\left. \begin{aligned} \ell_{n1} \text{ arah x} &= 7,2 - 2 \cdot d = 7,2 - 2 (1,55) = 6,89 \text{ m} \\ \ell_{n2} \text{ arah y} &= 5,5 - 2 \cdot d = 5,5 - 2 (1,55) = 5,19 \text{ m} \end{aligned} \right\} \text{ pkp}$$

- 2) Nilai banding panjang (x) terhadap lebar (y)

$$\beta = \frac{6,89}{5,19} = 1,33$$

3) Periksa lendutan

karena ketebalan nilai  $\alpha_m$  belum diketahui, maka diasumsikan  $\alpha_m > 2$

$$h > 90$$

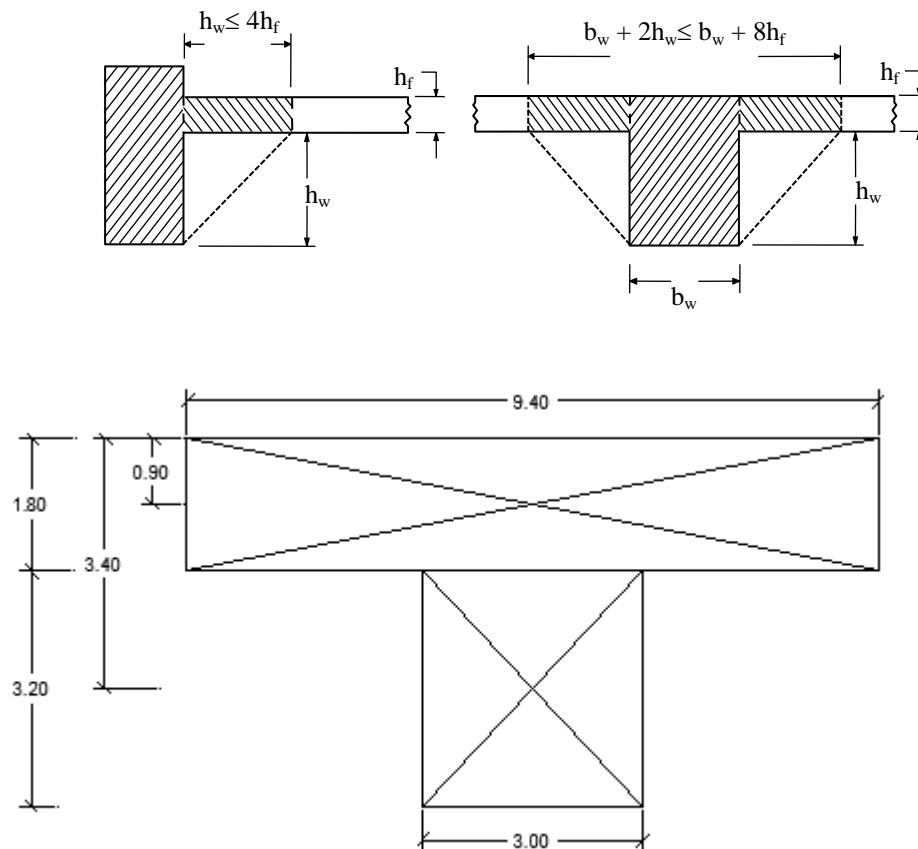
**SNI pasal 11.5.3**

$$h \geq \ell_n \frac{0,8 + \frac{f_y}{1500}}{36 + 9\beta} = \frac{6890 \cdot 0,8 + \frac{400}{1500}}{36 + 9(1,33)} = 153,277 \text{ mm}$$

Dengan demikian  $h = 180$  dapat dipakai.

c. Hubungan antara balok dan pelat

**SNI pasal 15.2.4**, gambar 27 hal. 138



$$\begin{aligned}
b_E &= 2(h_w) + b_w \\
&= 2(320) + 300 \\
&= 940 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$b_E$  = lebar efektif

dengan syarat panjang sayap tidak lebih dari  $4t = 4 \cdot 180 = 720 \text{ mm}$

$h_w < 4t$  (SNI pasal 15.2.4)

$320 < 720$  oke!

1) Persamaan statis momen terhadap tepi atas

$$\begin{aligned}
y &= \frac{((180)(940)(90)) + ((300)(320)(160+180))}{((180)(940)) + ((300)(320))} \\
&= 180,5 \text{ mm} \\
I_b &= \left(\frac{1}{12}\right)(940)(180)^3 + (940)(180)(90-180,5)^3 + \left(\frac{1}{12}\right)(300)(320)^3 \\
&\quad + (300)(320)(340-180,5)^3 \\
&= 5104094299 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

2) Rasio kekakuan balok-pelat

Untuk arah memanjang bangunan

$$I_{b1} = I_b$$

$$\begin{aligned}
I_{s1} &= \left(\frac{1}{12}\right) \cdot \ell_1 \cdot h^3 = \left(\frac{1}{12}\right) 7200 \cdot 180^3 \\
&= 3499200000 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

$$E_{cb} = E_{cs}$$

$$\alpha_1 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_{s1}} = \frac{5104094300}{3499200000} = 1,458$$

untuk arah melebar bangunan

$$I_{b2} = I_b$$

$$I_{s2} = \left(\frac{1}{12}\right) \cdot \ell_2 \cdot h^3 = \left(\frac{1}{12}\right) 5500 \cdot 180^3 = 2673000000 \text{ mm}^4$$

$$E_{cb} = E_{cs}$$

$$\alpha_1 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_{s1}} = \frac{5104094300}{2673000000} = 1,91$$

$$\begin{aligned} \text{maka } \alpha_m &= \left[ \left( \frac{1}{4} (1,46) (2) \right) + \left( \frac{1}{4} (1,91) (2) \right) \right] \\ &= 1,684 \end{aligned}$$

Cek lagi dengan **SNI pasal 11.5.3 b**

$$h = \ell_n \frac{0,8 + \frac{f_y}{1500}}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)} = \frac{6900 \cdot 0,8 + \frac{400}{1500}}{36 + (5 (1,33) (1,69 - 0,2))}$$

$$= 160,3 \text{ mm} > 120$$

oke!!

Jadi  $h = 180 \text{ mm}$  dengan  $d = 150 \text{ mm}$  dapat digunakan

d. Menentukan beban

$$\begin{aligned} w_U &= 1,2 w_{DL} + 1,6 w_{LL} \\ &= (1,2 \cdot 4,84) + (1,6 \cdot 5,4) \\ &= 14,448 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

e. Menentukan momen

Untuk arah memanjang bangunan

$$\begin{aligned} M_o &= \left(\frac{1}{8}\right) w_U \cdot \ell_y \cdot \ell_{nx}^2 \\ &= \left(\frac{1}{8}\right) 14,448 \cdot 1 \cdot 6,89^2 = 85,735 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Untuk arah melebar bangunan

$$\begin{aligned} M_o &= \left(\frac{1}{8}\right) w_U \cdot \ell_x \cdot \ell_{ny}^2 \\ &= \left(\frac{1}{8}\right) 14,448 \cdot 1 \cdot 5,19 = 48,647 \text{ kNm} \end{aligned}$$

1) Bentang ujung

$M_u$  untuk arah memanjang bangunan

$$\begin{aligned} \text{Tumpuan dalam arah } x &= 0,75 \cdot M_o \\ &= 0,75 \cdot 85,735 \\ &= 64,301 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lapangan arah } x &= 0,63 \cdot M_o \\ &= 0,63 \cdot 85,735 \\ &= 54,013 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$M_u$  untuk arah melebar bangunan

$$\begin{aligned} \text{Tumpuan dalam arah } y &= 0,75 \cdot M_o \\ &= 0,75 \cdot 48,647 \\ &= 36,485 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lapangan arah } y &= 0,63 \cdot M_o \\ &= 0,63 \cdot 48,647 \\ &= 30,647 \text{ kNm} \end{aligned}$$

2) Bentang dalam

$M_u$  untuk arah memanjang bangunan

$$\begin{aligned} \text{Tumpuan } M_{utx} &= 0,65 \cdot M_o \\ &= 0,65 \cdot 85,735 \end{aligned}$$

$$= 55,727 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\text{Lapangan } M_{ulx} &= 0,35 \cdot M_o \\ &= 0,35 \cdot 85,735 \\ &= 30,007 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\text{maka } \alpha_1 \cdot \ell_y / \ell_x = 1,114 > 1,0 \text{ -oke-}$$

$M_u$  untuk arah melebar bangunan

$$\begin{aligned}\text{Tumpuan } M_{uty} &= 0,65 \cdot M_o \\ &= 0,65 \cdot 48,647 \\ &= 31,620 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lapangan } M_{uly} &= 0,35 \cdot M_o \\ &= 0,35 \cdot 48,647 \\ &= 17,026 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\text{maka } \alpha_1 \cdot \ell_x / \ell_y = 4,8494 > 1,2$$

$$= 2,499 > 1,0 \text{ -oke-}$$

f. Analisis pelat

- Bentang ujung daerah tumpuan dalam arah x

$$d = h - S_b - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_u = 64,3009 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}A_s &= \frac{1000}{50} \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2 \\ &= 1571,429\end{aligned}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1571,429}{1000 \cdot 155} = 0,0101$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1571,429 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 24,649$$

$$z = d - \frac{a}{2} = 155 - \frac{24,649}{2} = 142,675$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s f_y z \\ &= 1571,429 \cdot 400 \cdot 142,675 \\ &= 89,681 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 89,681 = 71,745 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek } M_u \leq \phi M_n$$

$$M_u = 64,3009 \text{ kNm} < \phi M_n = 71,745 \text{ kNm}$$

**Jadi, konstruksi tersebut aman.**

- Bentang ujung daerah lapangan arah X

$$d = h - S_b - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_u = 54,013 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1000}{60} \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2 \\ &= 1309,524 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1309,524}{1000 \cdot 155} = 0,00845$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$



$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{1309,524 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 20,5415$$

$$z = d - \frac{a}{2} = 155 - \frac{20,5415}{2} = 144,7292$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s f_y z \\ &= 1309,524 \cdot 400 \cdot 144,7292 \\ &= 75,8105 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 75,8105 = 60,6484 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek } M_u \leq \phi M_n$$

$$M_u = 54,0128 \text{ kNm} < \phi M_n = 60,6484 \text{ kNm}$$

**Jadi, konstruksi tersebut aman.**

- Bentang ujung daerah tumpuan dalam arah y

$$d = h - S_b - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_u = 36,4849 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1000}{100} \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2 \\ &= 785,7143 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{785,7143}{1000 \cdot 155} = 0,005069$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{785,7143 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 12,3249$$

$$z = d - \frac{a}{2} = 155 - \frac{12,3249}{2} = 148,8374$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s f_y z \\ &= 785,7143 \cdot 400 \cdot 148,8374 \\ &= 46,777 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 46,777 = 37,422 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek } M_u \leq \phi M_n$$

$$M_u = 36,485 \text{ kNm} < \phi M_n = 37,422 \text{ kNm}$$

**Jadi, konstruksi tersebut aman.**

- Bentang ujung daerah lapangan arah y

$$d = h - S_b - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_u = 30,647 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1000}{120} \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2 \\ &= 654,762 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{654,762}{1000 \cdot 155} = 0,005069$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{654,762 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 10,2708$$

$$z = d - \frac{a}{2} = 155 - \frac{10,2708}{2} = 149,865$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s f_y z \\ &= 654,762 \cdot 400 \cdot 149,865 \\ &= 39,2503 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 39,2503 = 31,400 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek } M_u \leq \phi M_n$$

$$M_u = 30,647 \text{ kNm} < \phi M_n = 31,400 \text{ kNm}$$

**Jadi, konstruksi tersebut aman.**

- Bentang dalam daerah tumpuan arah x

$$d = h - S_b - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_u = 55,727 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1000}{60} \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2 \\ &= 1309,52 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1309,52}{1000 \cdot 155} = 0,00845$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1309,52 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 20,542$$

$$z = d - \frac{a}{2} = 155 - \frac{20,542}{2} = 144,729$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s f_y z \\
 &= 1309,52 \cdot 400 \cdot 144,729 \\
 &= 75,811 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 75,811 = 60,648 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek } M_u \leq \phi M_n$$

$$M_u = 55,727 \text{ kNm} < \phi M_n = 60,648 \text{ kNm}$$

**Jadi, konstruksi tersebut aman.**

- Bentang dalam daerah lapangan arah X

$$d = h - S_b - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_u = 30,007 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{1000}{120} \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2 \\
 &= 654,762
 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{654,762}{1000 \cdot 155} = 0,00422$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{654,762 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 10,271$$

$$z = d - \frac{a}{2} = 155 - \frac{10,271}{2} = 149,865$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s f_y z \\
 &= 654,762 \cdot 400 \cdot 149,865
 \end{aligned}$$

$$= 39,250 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 39,250 = 31,400 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek } M_u \leq \phi M_n$$

$$M_u = 30,007 \text{ kNm} < \phi M_n = 31,400 \text{ kNm}$$

**Jadi, konstruksi tersebut aman.**

- Bentang dalam daerah tumpuan arah y

$$d = h - S_b - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_u = 31,620 \text{ kNm}$$

$$A_s = \frac{1000}{110} \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2$$

$$= 714,286$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{714,286}{1000 \cdot 155} = 0,00461$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{714,286 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 11,205$$

$$z = d - \frac{a}{2} = 155 - \frac{11,205}{2} = 149,398$$

$$M_n = A_s f_y z$$

$$= 714,286 \cdot 400 \cdot 149,398$$

$$= 42,685 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 42,685 = 34,148 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek } M_u \leq \phi M_n$$

$$M_u = 31,620 \text{ kNm} < \phi M_n = 34,148 \text{ kNm}$$

**Jadi, konstruksi tersebut aman.**

- Bentang dalam daerah lapangan arah y

$$d = h - S_b - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_u = 17,026 \text{ kNm}$$

$$A_s = \frac{1000}{150} \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2$$

$$= 523,81$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{523,81}{1000 \cdot 155} = 0,00338$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{523,81 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 8,217$$

$$z = d - \frac{a}{2} = 155 - \frac{8,217}{2} = 150,892$$

$$M_n = A_s f_y z$$

$$= 523,81 \cdot 400 \cdot 150,892$$

$$= 31,615 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 31,615 = 25,292 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek } M_u \leq \phi M_n$$

$$M_u = 17,026 \text{ kNm} < \phi M_n = 25,292 \text{ kNm}$$

**Jadi, konstruksi tersebut aman.**

## B. PERHITUNGAN STRUKTUR PELAT BETON BERTULANG DENGAN PROGRAM RC-SLAB v1.0

### 1. Perencanaan Pelat Beton Bertulang dengan Tumpuan Sederhana

**PERENCANAAN**

tumpuan sederhana | bentang menerus

Nama Pelat: pelat 1 sederhana

**DATA**

$f_c'$ : 20 MPa  
 $f_y$ : 300 MPa  
 Panjang bentang: 3000 mm

**HASIL**

$W_u$ : 29,2 kN/m'  
 Tebal pelat: 125 mm  
 Momen Rencana: 32,850 kNm  
 Dipakai tulangan: 6 D 19  
 Jarak tulangan: D 19 - 170  
 Tul susut suhu: D 9 - 250

**SKETSA HASIL RANCANGAN**

Tulangan Pokok D 19 - 170  
 Tulangan Susut Suhu D 9 - 250

**PERINTAH**

HITUNG KEMBALI  
 CETAK KELUAR  
 BERSIHKAN

Gambar 4.1. Hasil Perhitungan Program Perencanaan Pelat dengan Tumpuan Sederhana

### 2. Perencanaan Pelat Satu Arah dengan Bentang Menerus

**PERENCANAAN**

tumpuan sederhana | bentang menerus

Nama Pelat: pelat 1 arah

**DATA**

$f_c'$ : 20 MPa  
 $f_y$ : 400 MPa  
 Panjang pelat (arah x): 7000 mm  
 Lebar pelat (arah y): 3400 mm

**HASIL PELAT SATU ARAH**

$W_u$ : 20,8 kN/m'  
 Tebal pelat: 150 mm

**M tump ujung jepit: 15,028 kNm**  
 Dipakai tulangan: 6 D 10  
 Jarak tulangan: D 10 - 180

**M lap ujung: 17,175 kNm**  
 Dipakai tulangan: 6 D 10  
 Jarak tulangan: D 10 - 180

**M tump dalam: 24,045 kNm**  
 Dipakai tulangan: 8 D 10  
 Jarak tulangan: D 10 - 130

**M lap dalam: 15,028 kNm**  
 Dipakai tulangan: 6 D 10  
 Jarak tulangan: D 10 - 180

Tulangan susut suhu D 6 - 100

**PILIH JENIS TUMPUAN**

**PERINTAH**

CETAK KEMBALI  
 BERSIHKAN KELUAR  
 LIHAT SKETSA

Gambar 4.2. Hasil Perhitungan Program Perencanaan Pelat Satu Arah dengan Bentang Menerus

### 3. Perencanaan Pelat Dua Arah

PERENCANAAN

tumpuan sederhana bentang menerus

Nama Pelat: pelat 2 arah

DATA

fc': 30 MPa

fy: 400 MPa

Panjang pelat (arah x): 7200 mm

Lebar pelat (arah y): 5500 mm

PILIH JENIS TUMPUAN

PERINTAH

CETAK KEMBALI

BERSIHKAN KELUAR

HASIL PELAT DUA ARAH

Wu: 14,448 kN/m'

BENTANG DALAM

M tump arah X: 55,727 kNm	M lap arah X: 30,007 kNm
Dipakai tulangan: 19 D 10	Dipakai tulangan: 8 D 10
Jarak tulangan: D 10 - 60	Jarak tulangan: D 10 - 130

M tump arah Y: 31,620 kNm	M lap arah Y: 17,026 kNm
Dipakai tulangan: 13 D 10	Dipakai tulangan: 7 D 10
Jarak tulangan: D 10 - 80	Jarak tulangan: D 10 - 150

BENTANG UJUNG (TEPI LUAR TAK TERKEKANG)

M tump dalam arah X: 64,301 kNm	M lap arah X: 54,013 kNm
Dipakai tulangan: 22 D 10	Dipakai tulangan: 15 D 10
Jarak tulangan: D 10 - 50	Jarak tulangan: D 10 - 70

M tump dalam arah Y: 36,485 kNm	M lap arah Y: 30,647 kNm
Dipakai tulangan: 14 D 10	Dipakai tulangan: 8 D 10
Jarak tulangan: D 10 - 80	Jarak tulangan: D 10 - 130

Gambar 4.3. Hasil Perhitungan Program Perencanaan Pelat Dua Arah

### 4. Analisis Pelat Beton Bertulang dengan Tumpuan Sederhana

ANALISIS PELAT

tumpuan sederhana bentang menerus

Nama Pelat: analisis 1

DATA

fc': 20 MPa

fy: 300 MPa

Panjang bentang: 3000 mm

Tebal pelat: 125 mm

Selimit beton: 20 mm

Diameter tulangan: 19 mm

Jarak tulangan: 170 mm

KOMBINASI BEBAN

1,2D+1,6L+0,5A

PERINTAH

HITUNG

CETAK

BERSIHKAN

KEMBALI

KELUAR

HASIL

wu 19,6 kN/m2

Tebal pelat h min

125 mm > 124,28 mm aman

rho min 0,0046 < rho 0,0174 As aman

rho 0,0174 < rho max 0,0240 penampang aman

Mu 22,05 kNm < Mu Mn 32,346 kNm penampang aman

Beban Hidup : 10 kN/m2

Beban Mati : 3 kN/m2

Beban Atap : 0 kN/m2

Beban Angin : 0 kN/m2

Beban Gempa : 0 kN/m2

Gambar 4.4. Hasil Perhitungan Program Analisis Pelat Beton Bertulang dengan Tumpuan Sederhana



## 5. Analisis Pelat Satu Arah dengan Bentang Menerus

ANALISIS PELAT

tumpuan sederhana bentang menerus

Nama Pelat: analisis 1

DATA

fc': 20 MPa

fy: 240 MPa

Panjang pelat (arah x): 5000 mm

Lebar pelat (arah y): 2000 mm

Tebal pelat: 120 mm

Selimit beton: 20 mm

Diameter tulangan: 12 mm

PILIH JENIS TUMPUAN

PERINTAH4

CETAK

BERSIHKAN

KEMBALI

KELUAR

HASIL ANALISIS PELAT SATU ARAH

wu 20,8 kN/m<sup>2</sup>

Tebal pelat h min 120 mm > 74,285 mm aman

tump.ujg.jepit

Mu 5,200 kNm < ØMn 9,776 kNm aman

tump.dalam

Mu 8,320 kNm < ØMn 9,776 kNm aman

lapangan ujung

Mu 5,943 kNm < ØMn 9,776 kNm aman

lapangan dalam

Mu 5,200 kNm < ØMn 9,776 kNm aman

Gambar 4.5. Hasil Perhitungan Program Analisis Pelat Satu Arah dengan Bentang Menerus

## 6. Analisis Pelat Dua Arah

ANALISIS PELAT

tumpuan sederhana bentang menerus

Nama Pelat: analisis 2

DATA

fc': 30 MPa

fy: 400 MPa

Panjang pelat (arah x): 7200 mm

Lebar pelat (arah y): 5500 mm

Tebal pelat: 180 mm

Selimit beton: 20 mm

Diameter tulangan: 10 mm

PILIH JENIS TUMPUAN

PERINTAH9

CETAK

BERSIHKAN

KEMBALI

KELUAR

HASIL ANALISIS PELAT DUA ARAH

wu 14,448 kN/m<sup>2</sup>

Tebal pelat h min 180 mm > 114,96 mm aman

BENTANG DALAM

tump.arah x

Mu 55,727 kNm < ØMn 60,648 kNm aman

lap.arah x

Mu 30,007 kNm < ØMn 31,400 kNm aman

tump.arah y

Mu 31,620 kNm < ØMn 34,148 kNm aman

lap.arah y

Mu 17,026 kNm < ØMn 25,292 kNm aman

BENTANG UJUNG (TEPI LUAR TAK TERKEKANG)

tump. dalam arah x

Mu 64,301 kNm < ØMn 71,745 kNm aman

lap. arah x

Mu 54,013 kNm < ØMn 60,648 kNm aman

tump. dalam arah y

Mu 36,485 kNm < ØMn 37,422 kNm aman

lap. arah y

Mu 30,647 kNm < ØMn 31,400 kNm aman

Gambar 4.6. Hasil Perhitungan Program Analisis Pelat Dua Arah

### C. Validasi Program Komputer

## 1. Perencanaan Pelat Beton Bertulang dengan Tumpuan Sederhana

No.	Uraian	Hitungan Manual	Hitungan Komputer
1.	Data	$w_{DL} = 3 \text{ kN/m}^2$ , $w_{LL} = 16 \text{ kN/m}^2$ , pjg bentang 3m, $f_c' = 20 \text{ Mpa}$ , $f_y = 300 \text{ Mpa}$	Masukkan data pada program
2.	Ketebalan pelat	$h_{\min} = \left( \frac{1}{20} \right) \ell \left[ 0,4 + \frac{f_y}{700} \right]$ $= \left( \frac{1}{20} \right) 3000 \left[ 0,4 + \frac{300}{700} \right] = 124,2857 \text{ mm}$ <p>Digunakan <math>h = 125 \text{ mm}</math>, ditinjau untuk setiap lebar pelat 1 m</p>	Tebal pelat = 125 mm
3.	Kombinasi beban terfaktor	$w_u = 1,2 w_{DL} + 1,6 w_{LL}$ $= (1,2 \cdot 3) + (1,6 \cdot 16)$ $= 29,2 \text{ kN/m}^2$	$w_u = 29,2 \text{ kN/m}^2$
4.	Momen rencana	$M_u = \left( \frac{1}{8} \right) (w_u)(\ell^2)$ $= \left( \frac{1}{8} \right) (29,2) (3^2) = 32,850 \text{ kNm}$	Momen rencana = 32,850 kNm
5.	Perencanaan pelat	$d = h - S_b - \frac{1}{2}D$ $= 125 - 20 - 9,5 = 95,5 \text{ mm}$  $k = \frac{M_u}{\phi b d^2}$ $= \frac{32,85 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 95,5^2} = 4,502$ $k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$ $4,502 = 20 \omega (1 - 0,59\omega)$ $0 = 11,8\omega^2 - 20\omega + 4,502$ $\omega_1 = 1,428$ ; $\omega_2 = 0,267$  $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 20}{300} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 300} = 0,0321$	<p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p> <p>Perhitungan dilakukan oleh program”</p>

		$\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,267 \cdot 20}{300} = 0,0178$ $\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0321 = 0,0241$ $\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,00467$	
5.1	Cek $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,0178 < \rho_{\text{max}} = 0,0241$	“perhitungan dilakukan oleh program”
5.2	Cek $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,0178 > \rho_{\text{min}} = 0,00467$ maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,0178$	“perhitungan dilakukan oleh program”
6.	Menentukan $A_s$	$A_s = \rho_b d$ $= 0,0178 \cdot 1000 \cdot 95,5 = 1701,552 \text{ mm}^2$  $A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 19^2 = 283,643 \text{ mm}^2$	“perhitungan dilakukan oleh program”
7.	Jarak tulangan pokok	$\frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{283,643 \cdot 1000}{1701,552} = 166,697 \text{ mm},$ dibulatkan 170 mm, dipakai tulangan <b>D19 – 170</b>	Jarak tulangan = <b>D19 – 170</b>
8.	Jumlah tulangan	$\frac{A_s}{A_{st}} = \frac{1701,552}{283,643} = 5,998 \sim 6 \text{ per meter},$ dipakai tulangan <b>6D19</b>	dipakai tulangan <b>6D19</b>
9.	Tulangan susut dan suhu	$A_s = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 125 = 250 \text{ mm}$ $A_{st} = \frac{1}{4} \pi \text{ diameter susut suhu}^2$ $= \frac{1}{4} \pi 9^2 = 63,617 \text{ mm}^2$ Jarak tulangan susut suhu $= \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{63,617 \cdot 1000}{250} = 254,468,$ dibulatkan 250 Maka dipakai tulangan <b>D9-250</b>	Tul susut suhu = <b>D9-250</b>

## 2. Perencanaan Pelat Satu Arah dengan Bentang Menerus

No.	Uraian	Hitungan Manual	Hitungan Komputer
1.	Data	Bentang arah x (pjpg)= 7m, bentang arah y (lbr)=3,4m, $f_c'=20$ Mpa, $f_y=400$ Mpa, $w_{DL}= 4$ kN/m <sup>2</sup> , $w_{LL}= 10$ kN/m <sup>2</sup>	Masukkan data pada program
2.	Perbandingan panjang terhadap lebar bentang	$\frac{7000}{3400} = 2,06 > 2$ , termasuk pelat 1 arah	“perhitungan dilakukan oleh program”
3.	Hitung ketebalan pelat	Untuk pelat dengan satu ujung menerus $h_{min} = \left(\frac{1}{24}\right)\ell_y = \frac{3400}{24} = 141,67 \text{ mm}$ dibulatkan menjadi 150 mm  Untuk pelat dengan kedua ujung menerus $h_{min} = \left(\frac{1}{28}\right)\ell_y = \frac{3400}{28} = 121,43 \text{ mm}$ dibulatkan menjadi 130 mm <b>dipakai tebal pelat = 150 mm</b>	Tebal pelat = 150
4.	Menghitung beban	$w_u = 1,2 w_{DL} + 1,6 w_{LL}$ $= (1,2 \cdot 4) + (1,6 \cdot 10) = 20,8$ kN/m <sup>2</sup>	$w_u = 20,8$ kN/m <sup>2</sup>
5.	Menentukan momen rencana	Momen tumpuan ujung jepit $= \left(\frac{1}{16}\right) \cdot w_u \cdot \ell_y^2 = \left(\frac{1}{16}\right) (20,8)(3,4)^2$ $= 15,028 \text{ kNm}$  Momen lapangan ujung $= \left(\frac{1}{14}\right) \cdot w_u \cdot \ell_y^2 = \left(\frac{1}{14}\right) (20,8)(3,4)^2$ $= 17,175 \text{ kNm}$  Momen tumpuan dalam	M tump ujung jepit $= 15,028 \text{ kNm}$  M lap ujung $= 17,175 \text{ kNm}$  Mtump dalam $= 24,045 \text{ kNm}$

		$= \left(\frac{1}{10}\right) \cdot w_u \cdot \ell_y^2 = \left(\frac{1}{10}\right) (20,8)(3,4)^2$ $= 24,045 \text{ kNm}$ <p>Momen lapangan dalam</p> $= \left(\frac{1}{16}\right) \cdot w_u \cdot \ell_y^2$ $= \left(\frac{1}{16}\right) (20,8)(3,4)^2 = 15,028 \text{ kNm}$	M lap dalam = 15,028 kNm
5.1	Daerah tumpuan ujung jepit	$d = h - S_b - \frac{1}{2}D$ $= 150 - 20 - 5 = 125 \text{ mm}$ <p><math>M_u = 15,028 \text{ kNm}</math>  <math>= 15,028 \cdot 10^6 \text{ Nmm}</math></p> <p><math>M_u = \phi b d^2 k</math></p> $k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{15,028 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 125^2} = 1,20224$ $k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$ $1,20224 = 20\omega (1 - 0,59\omega)$ $0 = 14,75\omega^2 - 20\omega + 1,20224$ $\omega_1 = 1,6325; \omega_2 = 0,0624$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 20}{400} 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0217$ $\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,0624 \cdot 20}{400} = 0,00312$ $\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0217 = 0,0163$ $\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$	<p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p> <p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p>

	Cek $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,00312 < \rho_{\text{max}} = 0,0163$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,00312 < \rho_{\text{min}} = 0,0035$ Dipakai $\rho = \rho_{\text{min}} = 0,0035$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Menentukan $A_s$	$A_s = \rho b d$ $= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 125 = 437,5 \text{ mm}^2$  $A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2$ $= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Jarak tulangan pokok	$\frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{437,5} = 179,592 \text{ mm}$ dibulatkan 180 mm dipakai tulangan <b>D10 – 180</b>	Jarak tulangan <b>D10 – 180</b>
	Jumlah tulangan	$\frac{A_s}{A_{st}} = \frac{437,5}{78,57} = 5,568 \sim 6 \text{ per meter}$ dipakai tulangan <b>6D10</b>	dipakai tulangan <b>6D10</b>
5.2	Daerah lapangan ujung	$d = h - s - \frac{1}{2}D$ $= 150 - 20 - 5 = 125 \text{ mm}$  $M_u = 17,175 \text{ kNm}$ $= 17,175 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$  $M_u = \phi b d^2 k$ $k = \frac{M_u}{\phi b d^2}$ $= \frac{17,175 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 125^2} = 1,374$ $k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$ $1,374 = 20 \omega (1 - 0,59\omega)$ $0 = 14,75\omega^2 - 20\omega + 1,374$ $\omega_1 = 1,6232; \omega_2 = 0,0717$	“perhitungan dilakukan oleh program”

		$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 20}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0217$ $\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,0717 \cdot 20}{400} = 0,00359$ $\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0217 = 0,0163$ $\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,00359 < \rho_{\text{max}} = 0,0163$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,00359 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$ dipakai $\rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,00359$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Menentukan $A_s$	$A_s = \rho b d$ $= 0,00359 \cdot 1000 \cdot 125$ $= 448,3473 \text{ mm}^2$ $A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2$ $= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Jarak tulangan pokok	$\frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{448,3473} = 175,247 \text{ mm}$ <p>dibulatkan 180 mm dipakai tulangan <b>D10 – 180</b></p>	Jarak tulangan <b>D10 – 180</b>
	Jumlah tulangan	$\frac{A_s}{A_{st}} = \frac{448,3474}{78,57}$ $= 5,706 \sim 6 \text{ per meter}$ <p>dipakai tulangan <b>6D10</b></p>	dipakai tulangan <b>6D10</b>
5.3	Daerah tumpuan dalam	$D = h - s - \frac{1}{2}D$ $= 150 - 20 - 5 = 125 \text{ mm}$	“perhitungan dilakukan oleh program”

		$M_u = 24,045 \text{ kNm}$ $= 24,045 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$ $M_u = \phi b d^2 k$ $k = \frac{M_u}{\phi b d^2}$ $= \frac{24,045 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 125^2} = 1,9236$ $k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$ $1,9236 = 20\omega (1 - 0,59\omega)$ $0 = 14,75\omega^2 - 20\omega + 1,9236$ $\omega_1 = 1,592; \omega_2 = 0,1023$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 20}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0217$ $\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,1023 \cdot 20}{400} = 0,00512$ $\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0217 = 0,0163$ $\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$	<p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p>
	Cek $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,00512 < \rho_{\text{max}} = 0,0163$	<p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p>
	Cek $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,00512 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$ maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,00512$	<p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p>
	Menentukan $A_s$	$A_s = \rho_b d = 0,00512 \cdot 1000 \cdot 125$ $= 639,757 \text{ mm}^2$	<p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p>



		$A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2$ $= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$	
	Jarak tulangan pokok	$\frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{639,757} = 122,8145 \text{ mm}$ <p>dibulatkan 130 mm</p> <p>dipakai tulangan <b>D10 – 130</b></p>	Jarak tulangan <b>D10 – 130</b>
	Jumlah tulangan	$\frac{A_s}{A_{st}} = \frac{639,757}{78,57}$ $= 8,142 \sim 8 \text{ per meter,}$ <p>dipakai tulangan <b>8D10</b></p>	dipakai tulangan <b>8D10</b>
5.4	Daerah lapangan dalam	$d = h - s - \frac{1}{2}D$ $= 150 - 20 - 5 = 125 \text{ mm}$ $M_u = 15,028 \text{ kNm}$ $= 15,028 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$ $M_u = \phi b d^2 k$ $k = \frac{M_u}{\phi b d^2}$ $= \frac{15,028 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 125^2} = 1,202$ $k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$ $1,202 = 20 \omega (1 - 0,59\omega)$ $0 = 14,75\omega^2 - 20\omega + 1,202$ $\omega_1 = 1,6325; \omega_2 = 0,0624$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 20}{400} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 400} = 0,0217$ $\rho_{perlu} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,0624 \cdot 20}{400} = 0,00312$ $\rho_{max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0217 = 0,0163$	“perhitungan dilakukan oleh program”

		$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$	
	Cek $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,00312 < \rho_{\max} = 0,0163$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,00312 < \rho_{\min} = 0,0035$ di pakai $\rho = \rho_{\min} = 0,0035$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Menentukan $A_s$	$A_s = \rho b d$ $= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 125 = 437,5 \text{ mm}^2$  $A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2$ $= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Jarak tulangan pokok	$\frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{437,5}$ $= 179,59 \text{ mm}$ dibulatkan 180 mm dipakai <b>D10 – 180</b>	Jarak tulangan <b>D10 – 180</b>
	Jumlah tulangan	$\frac{A_s}{A_{st}} = \frac{437,5}{78,57}$ $= 5,56 \sim 6$ per meter, dipakai tulangan <b>6D10</b>	dipakai tulangan <b>6D10</b>
6.	Tulangan susut dan suhu	$A_s = 0,0018 b h$ $= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 150 = 270 \text{ mm}$  $A_{st} = \frac{1}{4} \pi \text{ diameter susut suhu}^2$ $= \frac{1}{4} \pi 6^2 = 28,274 \text{ mm}^2$  Jarak tulangan susut suhu $= \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{28,274 \cdot 1000}{270} = 104,718,$ dibulatkan 100  Di pakai tulangan <b>D6-100</b>	Tulangan susut suhu <b>D6-100</b>

### 3. Perencanaan Pelat Dua Arah

No.	Uraian	Hitungan Manual	Hitungan Komputer
1.	Data	Lebar pelat = 5,5m, panjang pelat 7,2 m, $w_{DL} = 4,84 \text{ kPa}$ , $w_{LL} = 5,4 \text{ kPa}$ , $f_c' = 30 \text{ MPa}$ , $f_y = 400 \text{ MPa}$	Masukkan data pada program
2.	Periksa ketebalan pelat	$d = h - s - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$  Pemeriksaan tebal pelat berdasarkan syarat lendutan:  $\ell_{n1} \text{ arah } x = 7,2 - 2 \cdot d$ $= 7,2 - 2 (1,55) = 6,89 \text{ m}$  $\ell_{n2} \text{ arah } y = 5,5 - 2 \cdot d$ $= 5,5 - 2 (1,55) = 5,19 \text{ m}$	“perhitungan dilakukan oleh program”
3.	Periksa Lendutan	ketebalan nilai $\alpha_m$ belum diketahui, maka diasumsikan $\alpha_m > 2$  $\beta = \frac{6,89}{5,19} = 1,33$  $h > 90$  $h \geq \ell_n \frac{0,8 + \frac{f_y}{1500}}{36 + 9\beta}$  $= \frac{6890 \cdot 0,8 + \frac{400}{1500}}{36 + 9 (1,33)} = 153,277 \text{ mm}$  $h = 180$ dapat dipakai.	“perhitungan dilakukan oleh program”
4.	Hubungan antara balok dan pelat	$b_E = 2(h_w) + b_w$ $= 2 (320) + 300 = 940 \text{ mm}$  dengan syarat panjang sayap tidak lebih dari $4t = 4 \cdot 180 = 720 \text{ mm}$  $h_w < 4t$ , $320 < 720$ oke!	“perhitungan dilakukan oleh program”
5.	Persamaan statis momen terhadap	$y = \frac{((180)(940)(90)) + ((300)(320)(160 + 180))}{((180)(940)) + ((300)(320))}$  $= 180,5 \text{ mm}$	“perhitungan dilakukan oleh program”

	tepi atas	$I_b = \left(\frac{1}{12}\right) (940)(180)^3 + (940)(180)(90-180,5)^3 + \left(\frac{1}{12}\right) (300)(320)^3 + (300)(320)(340-180,5)^3 = 5104094299 \text{ mm}^4$	
6.	Rasio kekakuan balok-pelat	<p>Untuk arah memanjang bangunan</p> $I_{b1} = I_b$ $I_{s1} = \left(\frac{1}{12}\right) \cdot \ell_1 \cdot h^3 = \left(\frac{1}{12}\right) 7200 \cdot 180^3 = 3499200000 \text{ mm}^4$ $E_{cb} = E_{cs}$ $\alpha_1 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_{s1}} = \frac{5104094300}{3499200000} = 1,458$ <p>untuk arah melebar bangunan</p> $I_{b2} = I_b$ $I_{s2} = \frac{1}{12} \cdot \ell_2 \cdot h^3 = \frac{1}{12} 5500 \cdot 180^3 = 2673000000 \text{ mm}^4$ $E_{cb} = E_{cs}$ $\alpha_1 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_{s1}} = \frac{5104094300}{2673000000} = 1,91$ <p>maka</p> $\alpha_m = \left[ \left( \frac{1}{4} (1,46) (2) \right) + \left( \frac{1}{4} (1,91) (2) \right) \right] = 1,684$	“perhitungan dilakukan oleh program”
7.		<p>Cek lagi dengan SNI pasal 11.5.3 b</p> $h = \ell_n \frac{0,8 + \frac{f_y}{1500}}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)}$ $= \frac{6900 \cdot 0,8 + \frac{400}{1500}}{36 + (5 (1,33) (1,69 - 0,2))}$ $= 160,3 \text{ mm} > 120 \text{ oke!!}$ <p>Jadi h = 180 mm dengan d = 150 mm dapat digunakan</p>	“perhitungan dilakukan oleh program”
8.	Menentukan beban	$w_U = 1,2 w_{DL} + 1,6 w_{LL}$	$w_U = 14,448 \text{ kN/m}^2$

		$= (1,2 \cdot 4,84) + (1,6 \cdot 5,4)$ $= 14,448 \text{ kN/m}^2$	
9.	Menentukan momen		
	Arah memanjang	$M_o = \left(\frac{1}{8}\right) w_U \cdot \ell_y \cdot \ell_{nx}^2$ $= \left(\frac{1}{8}\right) 14,448 \cdot 1 \cdot 6,89^2 = 85,735 \text{ kNm}$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Arah melebar	$M_o = \left(\frac{1}{8}\right) w_U \cdot \ell_x \cdot \ell_{ny}^2$ $= \left(\frac{1}{8}\right) 14,448 \cdot 1 \cdot 5,19 = 48,647 \text{ kNm}$	“perhitungan dilakukan oleh program”
9.1	Bentang ujung		
9.1.1	Tumpuan dalam arah x	$M_u = 0,75 \cdot M_o$ $= 0,75 \cdot 85,735 = 64,301 \text{ kNm}$ $= 64,301 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$ $d = h - s - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$ $M_u = \phi b d^2 k$ $k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{64,3009 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 3,345$ $k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$ $3,345 = 30 \omega (1 - 0,59\omega)$ $0 = 17,7\omega^2 - 30\omega + 3,345$ $\omega_1 = 1,575 ; \omega_2 = 0,120$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$ $\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,120 \cdot 30}{400} = 0,009$ $\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b$	<p>M tump dalam arah x = 64,301 kNm</p> <p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p>

		$= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$ $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,009 < \rho_{\max} = 0,0244$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,009 > \rho_{\min} = 0,0035$ $\rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,009$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Menentukan $A_s$	$A_s = \rho b d$ $= 0,009 \cdot 1000 \cdot 155$ $= 1395,182 \text{ mm}^2$ Tulangan susut dan suhu $A_s = 0,0018 b h$ $= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 180 = 324$ $A_{s \text{ total}} = 1395,182 + 324 = 1719,182$ $A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2$ $= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Jarak tulangan pokok	Jarak tulangan pokok $= \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{1719,182}$ $= 45,7 \text{ mm}$ dibulatkan 50 mm Maka tulangan yang dipakai <b>D10 – 50</b>	Jarak tulangan <b>D10 – 50</b>
	Jumlah tulangan	Jumlah tulangan $= \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{1719,182}{78,57}$ $= 21,88 \sim 22$ per meter, maka dipakai tulangan <b>22D10</b>	dipakai tulangan <b>22D10</b>
9.1.2	Lapangan arah x	$M_{ulx} = 0,63 \cdot M_o = 0,35 \cdot 85,735$ $= 54,0128 \text{ kNm}$ $= 54,0128 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$  $d = h - s - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$	M lap arah x $= 54,0128 \text{ kNm}$  “perhitungan dilakukan oleh program”

		$M_u = \phi b d^2 k$ $k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{54,0128 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 2,8102$ $k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$ $2,8102 = 30 \omega (1 - 0,59\omega)$ $0 = 17,7\omega^2 - 30\omega + 2,8102$ $\omega_1 = 1,595; \omega_2 = 0,0995$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 30}{400} 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$ $\rho_{perlu} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,0995 \cdot 30}{400} = 0,0046$ $\rho_{max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$ $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{perlu} \leq \rho_{max}$	$\rho_{perlu} = 0,0046 < \rho_{max} = 0,0244$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{perlu} > \rho_{min}$	$\rho_{perlu} = 0,0046 > \rho_{min} = 0,0035$ dipakai $\rho = \rho_{perlu} = 0,0046$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Menentukan $A_s$	$A_s = \rho b d$ $= 0,0046 \cdot 1000 \cdot 155$ $= 1156,896 \text{ mm}^2$ $A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2$ $= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Jarak tulangan	$\frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{1156,896}$	Jarak tulangan <b>D10 – 70</b>

	pokok	= 67,916 mm dibulatkan 70 mm Dipakai tulangan <b>D10 – 70</b>	
	Jumlah tulangan	$\frac{A_s}{A_{st}} = \frac{1156,896}{78,57}$ = 14,724 ~ 15 per meter, dipakai tulangan <b>15D10</b>	Dipakai tulangan <b>15D10</b>
9.1.3	Tumpuan dalam arah y	$M_{uty} = 0,75 \cdot M_o = 0,75 \cdot 48,647$ $= 36,485 \text{ kNm} = 36,485 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$  $d = h - s - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$  $M_u = \phi b d^2 k$ $k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{36,485 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 1,898$ $k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$ $1,898 = 30 \omega (1 - 0,59\omega)$ $0 = 17,7\omega^2 - 30\omega + 1,898$ $\omega_1 = 1,629; \omega_2 = 0,0658$  $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$  $\rho_{perlu} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,0658 \cdot 30}{400} = 0,00494$ $\rho_{max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$ $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$	M tump dalam arah y = 36,485 kNm  “perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{perlu} \leq \rho_{max}$	$\rho_{perlu} = 0,00494 < \rho_{max} = 0,0244$	“perhitungan dilakukan oleh program”



	Cek $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,00494 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$ dipakai $\rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,00494$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Menentukan $A_s$	$A_s = \rho b d$ $= 0,00494 \cdot 1000 \cdot 155$ $= 765,309 \text{ mm}^2$  Tulangan susut dan suhu $A_s = 0,0018 b h$ $= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 180 = 324$ $A_{s \text{ total}} = 765,309 + 324 = 1089,309$ $A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Jarak tulangan pokok	Jarak tulangan pokok $= \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{1089,309}$ $= 72,128 \text{ mm}$ dibulatkan 80 mm Maka tulangan yang dipakai <b>D10 – 80</b>	Jarak tulangan <b>D10 – 80</b>
	Jumlah tulangan	Jumlah tulangan $= \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{1089,309}{78,57}$ $= 13,86 \sim 14$ per meter, maka dipakai tulangan <b>14D10</b>	Dipakai tulangan <b>14D10</b>
9.1.4	Lapangan arah y	$M_{uly} = 0,63 \cdot M_o = 0,35 \cdot 48,647$ $= 30,647 \text{ kNm} = 30,647 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$  $d = h - s - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$  $M_u = \phi b d^2 k$ $k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{30,647 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 1,594$ $k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$ $1,594 = 30 \omega (1 - 0,59\omega)$ $0 = 17,7\omega^2 - 30\omega + 1,594$ $\omega_1 = 1,639; \omega_2 = 0,055$	$M_{\text{lap arah y}} = 30,647 \text{ kNm}$  “perhitungan dilakukan oleh program”

		$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 30}{400} 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$ $\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,055 \cdot 30}{400} = 0,00412$ $\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$ $\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,00412 < \rho_{\text{max}} = 0,0244$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,00412 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$ dipakai $\rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,00412$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Menentukan $A_s$	$A_s = \rho_b d$ $= 0,00412 \cdot 1000 \cdot 155$ $= 638,567 \text{ mm}^2$ $A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2$ $= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Jarak tulangan pokok	$\frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{638,567} = 123,039 \text{ mm}$ dibulatkan 130 mm dipakai tulangan <b>D10 – 130</b>	Jarak tulangan <b>D10 – 130</b>
	Jumlah tulangan	$\frac{A_s}{A_{st}} = \frac{638,567}{78,57}$ $= 8,127 \sim 8 \text{ per meter, dipakai tulangan } \mathbf{8D10}$	Dipakai tulangan <b>8D10</b>
9.2	Bentang Dalam		

9.2.1	Tumpuan arah x	$M_{utx} = 0,65 \cdot M_o = 0,65 \cdot 85,735$ $= 55,727 \text{ kNm} = 55,727 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$ $d = h - s - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$ $M_u = \phi b d^2 k$ $k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{55,727 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 2,899$ $k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$ $2,899 = 30 \omega (1 - 0,59\omega)$ $0 = 17,7\omega^2 - 30\omega + 2,899$ $\omega_1 = 1,592; \omega_2 = 0,1029$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 30}{400} 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$ $\rho_{perlu} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,1029 \cdot 30}{400} = 0,00772$ $\rho_{max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$ $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$	<p>M tump arah x = 55,727 kNm</p> <p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p>
	Cek $\rho_{perlu} \leq \rho_{max}$	$\rho_{perlu} = 0,00772 < \rho_{max} = 0,0244$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{perlu} > \rho_{min}$	$\rho_{perlu} = 0,00772 > \rho_{min} = 0,0035$ dipakai $\rho = \rho_{perlu} = 0,00772$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Menentukan $A_s$	$A_s = \rho b d$ $= 0,00772 \cdot 1000 \cdot 155$	

		$= 1196,154 \text{ mm}^2$  Tulangan susut dan suhu $A_s = 0,0018 b h$ $= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 180 = 324$ $A_{s \text{ total}} = 1196,154 + 324$ $= 1520,154$ $A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Jarak tulangan pokok	$\text{Jarak tulangan pokok} = \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{1520,154}$ $= 51,685 \text{ mm}$ dibulatkan 50 mm Maka tulangan yang dipakai <b>D10 – 50</b>	Jarak tulangan <b>D10 – 50</b>
	Jumlah tulangan	$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{1520,154}{78,57}$ $= 19,347 \sim 20$ per meter, maka dipakai tulangan <b>20D10</b>	Jumlah tulangan <b>20D10</b>
9.2.2	Lapangan arah x	$M_{ulx} = 0,35 \cdot M_o = 0,35 \cdot 85,735$ $= 30,007 \text{ kNm} = 30,007 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$  $d = h - s - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$  $M_u = \phi b d^2 k$ $k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{30,007 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 1,561$ $k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$ $1,561 = 30 \omega (1 - 0,59\omega)$ $0 = 17,7\omega^2 - 30\omega + 1,561$ $\omega_1 = 1,64; \omega_2 = 0,0641$  $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 30}{400} 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$	M lap arah x $= 30,007 \text{ kNm}$  “perhitungan dilakukan oleh program”

		$\rho_{\text{perlu}} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,0641 \cdot 30}{400} = 0,00403$ $\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$ $\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,00403 < \rho_{\text{max}} = 0,0244$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,00403 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$ dipakai $\rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,00403$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Menentukan $A_s$	$A_s = \rho b d$ $= 0,00403 \cdot 1000 \cdot 155$ $= 624,794 \text{ mm}^2$ $A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2$ $= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Jarak tulangan pokok	$\frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{624,794} = 125,756 \text{ mm}$ dibulatkan 130 mm Dipakai tulangan <b>D10 – 130</b>	Jarak tulangan Dipakai tulangan <b>D10 – 130</b>
	Jumlah tulangan	$\frac{A_s}{A_{st}} = \frac{624,794}{78,57}$ $= 7,95 \sim 8 \text{ per meter,}$ dipakai tulangan <b>8D10</b>	Jumlah tulangan dipakai tulangan <b>8D10</b>
9.2.3	Tumpuan arah y	$M_{uty} = 0,65 \cdot M_o = 0,65 \cdot 48,647$ $= 31,620 \text{ kNm} = 31,620 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$ $d = h - s - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$	M tump arah y $= 31,620 \text{ kNm}$ “perhitungan dilakukan oleh program”

		$M_u = \phi b d^2 k$ $k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{31,620 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 1,645$ $k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$ $1,645 = 30 \omega (1 - 0,59\omega)$ $0 = 17,7\omega^2 - 30\omega + 1,645$ $\omega_1 = 1,638 ; \omega_2 = 0,0567$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 30}{400} 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$ $\rho_{perlu} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,0567 \cdot 30}{400} = 0,00425$ $\rho_{max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$ $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{perlu} \leq \rho_{max}$	$\rho_{perlu} = 0,00425 < \rho_{max} = 0,0244$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{perlu} > \rho_{min}$	$\rho_{perlu} = 0,00425 > \rho_{min} = 0,0035$ dipakai $\rho = \rho_{perlu} = 0,00425$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Menentukan $A_s$	$A_s = \rho b d$ $= 0,00425 \cdot 1000 \cdot 155$ $= 659,586 \text{ mm}^2$ Tulangan susut dan suhu $A_s = 0,0018 b h$ $= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 180 = 324$ $A_{s \text{ total}} = 659,586 + 324 = 983,586$ $A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$	“perhitungan dilakukan oleh program”

	Jarak tulangan pokok	$\text{Jarak tulangan pokok} = \frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{983,586}$ $= 79,88 \text{ mm} \quad \text{dibulatkan } 80 \text{ mm}$ <p>Maka tulangan yang dipakai <b>D10 – 80</b></p>	Jarak tulangan <b>D10 – 80</b>
	Jumlah tulangan	$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{983,586}{78,57}$ $= 12,52 \sim 13 \text{ per meter,} \quad \text{maka dipakai tulangan } \mathbf{13D10}$	Dipakai tulangan <b>13D10</b>
9.2.4	Lapangan arah y	$M_{uly} = 0,35 \cdot M_o = 0,35 \cdot 48,647$ $= 17,026 \text{ kNm} = 17,026 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$ $d = h - s - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$ $M_u = \phi b d^2 k$ $k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{17,026 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 0,886$ $k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$ $0,886 = 30 \omega (1 - 0,59\omega)$ $0 = 17,7\omega^2 - 30\omega + 0,886$ $\omega_1 = 1,665 ; \omega_2 = 0,0301$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$ $\rho_{perlu} = \frac{\omega f_c'}{f_y} = \frac{0,0301 \cdot 30}{400} = 0,00225$ $\rho_{max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$ $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$	<p>M lap arah y = 17,026 kNm</p> <p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p>

	Cek $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,00225 < \rho_{\text{max}} = 0,0244$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,00225 < \rho_{\text{min}} = 0,0035$ dipakai $\rho = \rho_{\text{min}} = 0,0035$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Menentukan $A_s$	$A_s = \rho b d$ $= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 155 = 542,5 \text{ mm}^2$  $A_{st} = \frac{1}{4} \pi D^2$ $= \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,57 \text{ mm}^2$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Jarak tulangan pokok	$\frac{A_{st} \cdot b}{A_s} = \frac{78,57 \cdot 1000}{542,5} = 144,832 \text{ mm}$ dibulatkan 150 mm Dipakai tulangan <b>D10 – 150</b>	Jarak tulangan <b>D10 – 150</b>
	Jumlah tulangan	$\frac{A_s}{A_{st}} = \frac{542,5}{78,57} = 6,9 \sim 7$ per meter, Dipakai tulangan <b>7D10</b>	Dipakai tulangan <b>7D10</b>

#### 4. Analisis Pelat Satu Arah dengan Tumpuan Sederhana

No.	Uraian	Hitungan Manual	Hitungan Komputer
1.	Data	Bentang 3,0 m, $f'_c = 20 \text{ MPa}$ , $f_y = 300 \text{ MPa}$ , tebal pelat 125 mm, selimut beton 20 mm, tulangan D19-170	Masukkan data pada program
2.	Cek tebal pelat	$h_{\text{min}} = \frac{1}{20} \left[ 0,4 + \frac{f_y}{700} \right]$ $= \frac{1}{20} 3000 \left[ 0,4 + \frac{300}{700} \right]$ $= 124,285 \text{ mm}$ Tebal pelat $h = 125 \text{ mm} >$ $h_{\text{min}} = 124,2857$ <b>Tebal pelat memenuhi (aman)</b>	Tebal pelat 125 mm $> h_{\text{min}} = 124,285 \text{ mm}$ <b>(aman)</b>
3.	Kombinasi beban terfaktor	$w_u = 1,2 w_{DL} + 1,6 w_{LL}$ $= (1,2 \cdot 3) + (1,6 \cdot 10) = 19,6 \text{ kN/m}^2$	$w_u = 19,6 \text{ kN/m}^2$



4.	Momen perlu	$M_u = \frac{1}{8} w_u \ell^2$ $= \frac{1}{8} 19,6 \cdot 3^2 = 22,05 \text{ kNm}$	$M_u = 22,05 \text{ kNm}$
5.	Analisis tulangan pelat	$d = h - S_b - \frac{1}{2} D$ $= 125 - 20 - (19/2) = 95,5 \text{ mm}$ $A_s = \frac{1000}{170} \cdot \frac{1}{4} \pi 19^2 = 1668,487$ $\rho_{\text{perlu}} = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1668,487}{1000 \cdot 95,5} = 0,0175$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 20}{300} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 300} = 0,0321$ $\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0321 = 0,0241$ $\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,00466$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,0175 < \rho_{\text{max}} = 0,0241$	$\rho = 0,0175 \leq \rho_{\text{max}} = 0,0241$ <b>Penampang aman</b>
	Cek $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$	$\rho_{\text{perlu}} = 0,0175 > \rho_{\text{min}} = 0,00466$	$\rho = 0,0175 > \rho_{\text{min}} = 0,00466$ <b>A<sub>s</sub> aman</b>
	A <sub>s</sub> minimum	$= 0,0020 b h = 0,0020 \cdot 1000 \cdot 125$ $= 191 \text{ mm}^2/\text{m}' <$ $A_s = 1668,487 \text{ mm}^2/\text{m}'$	“perhitungan dilakukan oleh program”
		$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$ $= \frac{1668,487 \cdot 300}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000} = 29,44$	“perhitungan dilakukan oleh program”

		$z = d - \frac{a}{2} = 95,5 - \frac{29,44}{2} = 80,778$ $M_n = A_s f_y z$ $= 1668,487 \cdot 300 \cdot 80,778$ $= 40,433 \text{ kNm}$ $\phi M_n = 0,8 \cdot 40,433$ $= 32,346 \text{ kNm}$	“perhitungan dilakukan oleh program”
6.	Cek $M_u \leq \phi M_n$	$M_u = 22,05 \text{ kNm} <$ $\phi M_n = 32,346 \text{ kNm (Aman)}$	$M_u = 22,05 \text{ kNm} <$ $\phi M_n = 32,346 \text{ kNm (Penampang Aman)}$

### 5. Analisis Pelat Satu Arah dengan Tumpuan Menerus

No.	Uraian	Hitungan Manual	Hitungan Komputer
1.	Data	Bentang arah x (panjang)= 5000mm, bentang arah y (lebar) = 2000mm, $f_c'=20 \text{ MPa}$ , $f_y = 240 \text{ MPa}$ , $w_{DL}=4\text{kN/m}^2$ $w_{LL}=10\text{kN/m}^2$ , tebal pelat= 120 mm, tumpuan ujung jepit D12-200, lapangan ujung D12-200, tumpuan dalam D12-200, lapangan dalam D12-200	Masukkan data pada program
2.	Perbandingan panjang terhadap lebar bentang	$\frac{5000}{2000} = 2,5 > 2,0$ termasuk pelat 1 arah	“perhitungan dilakukan oleh program”
3.	Cek tebal pelat	Untuk pelat dengan satu ujung menerus $h_{\min} = \left(\frac{1}{24}\right) \ell_y \left(0,4 \cdot \frac{f_y}{700}\right)$ $= \left(\frac{2000}{24}\right) \left(0,4 + \frac{240}{700}\right) = 74,2857 \text{ mm}$ Untuk pelat dengan kedua ujung	Tebal pelat 120 mm $> h_{\min} = 74,2857 \text{ mm (aman)}$

		<p>menerus</p> $h_{\min} = \left(\frac{1}{28}\right) \ell_y \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$ $= \left(\frac{2000}{28}\right) \left(0,4 + \frac{240}{700}\right) = 53,061 \text{ mm}$ <p>maka, tebal pelat = 120 <b>aman</b></p>	
4.	Menentukan beban	$w_u = 1,2 w_{DL} + 1,6 w_{LL}$ $= (1,2 \cdot 4) + (1,6 \cdot 10)$ $= 20,8 \text{ kN/m}^2$	$w_u = 20,8 \text{ kN/m}^2$
5.	Menentukan momen rencana	<p>Momen tumpuan ujung jepit</p> $= \left(\frac{1}{16}\right) \cdot w_u \cdot \ell_y^2$ $= \left(\frac{1}{16}\right) (20,8)(2)^2 = 5,2 \text{ kNm}$ <p>Momen lapangan ujung</p> $= \left(\frac{1}{14}\right) \cdot w_u \cdot \ell_y^2$ $= \left(\frac{1}{14}\right) (20,8)(2)^2 = 5,943 \text{ kNm}$ <p>Momen tumpuan dalam</p> $= \left(\frac{1}{10}\right) \cdot w_u \cdot \ell_y^2$ $= \left(\frac{1}{10}\right) (20,8)(2)^2 = 8,32 \text{ kNm}$ <p>Momen lapangan dalam</p> $= \left(\frac{1}{16}\right) \cdot w_u \cdot \ell_y^2$ $= \left(\frac{1}{16}\right) (20,8)(2)^2 = 5,2 \text{ kNm}$	<p><math>M_u = 5,2 \text{ kNm}</math></p> <p><math>M_u = 5,943 \text{ kNm}</math></p> <p><math>M_u = 8,32 \text{ kNm}</math></p> <p><math>M_u = 5,2 \text{ kNm}</math></p>
5.1	Daerah tumpuan ujung jepit	$M_u = 5,2 \text{ kNm} = 5,2 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$ $d = h - S_b - \frac{1}{2}D$ $= 120 - 20 - 6 = 94 \text{ mm}$	“perhitungan dilakukan oleh program”

	$A_s = \frac{1000}{200} \cdot \frac{1}{4} \pi 12^2 = 565,7143$ $\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{565,7143}{1000 \cdot 94} = 0,00602$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 20}{240} 0,85 \frac{600}{600 + 240}$ $= 0,04301$ $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,04301 = 0,0323$ $A_{s \text{ minimum}} = 0,0020 b h$ $= 0,0020 \cdot 1000 \cdot 120$ $= 240 \text{ mm}^2/\text{m}' <$ $A_s = 565,7143 \text{ mm}^2/\text{m}'$ $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$ $= \frac{565,7143 \cdot 240}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000} = 7,987$ $z = d - \frac{a}{2} = 94 - \frac{7,987}{2} = 90,0067$ $M_n = A_s f_y z$ $= 565,7143 \cdot 240 \cdot 90,0067$ $= 12,220 \text{ kNm}$ $\phi M_n = 0,8 \cdot 12,220$ $= 9,776 \text{ kNm}$	<p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p> <p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p>
--	---	---

	Cek $M_u \leq \phi M_n$	$M_u = 5,2 \text{ kNm} < \phi M_n = 9,776 \text{ kNm (Aman)}$	$M_u = 5,2 \text{ kNm} < \phi M_n = 9,776 \text{ kNm (aman)}$
5.2	Daerah lapangan ujung	$M_u = 5,943 \text{ kNm}$ $= 5,943 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$  $d = h - S_b - \frac{1}{2}D$ $= 120 - 20 - 6 = 94 \text{ mm}$  $A_s = \frac{1000}{200} \cdot \frac{1}{4} \pi 12^2$ $= 565,7143$  $\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{565,7143}{1000 \cdot 94} = 0,00602$  $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 240}$ $= 0,04301$  $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,04301 = 0,0323$  $A_{s \text{ minimum}} = 0,0020 b h$ $= 0,0020 \cdot 1000 \cdot 120$ $= 240 \text{ mm}^2/\text{m}' <$ $A_s = 565,7143 \text{ mm}^2/\text{m}'$  $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$ $= \frac{565,7143 \cdot 240}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000} = 7,987$	“perhitungan dilakukan oleh program”

		$z = d - \frac{a}{2} = 94 - \frac{7,987}{2} = 90,0067$ $M_n = A_s f_y z$ $= 565,7143 \cdot 240 \cdot 90,0067$ $= 12,220 \text{ kNm}$ $\phi M_n = 0,8 \cdot 12,220$ $= 9,776 \text{ kNm}$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $M_u \leq \phi M_n$	$M_u = \mathbf{5,943 \text{ kNm} <}$ $\phi M_n = \mathbf{9,776 \text{ kNm (Aman)}}$	$M_u = \mathbf{5,943 \text{ kNm} <}$ $\phi M_n = \mathbf{9,776 \text{ kNm (Aman)}}$
5.3	Daerah tumpuan dalam	$M_u = 8,32 \text{ kNm} = 8,32 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$ $d = h - S_b - \frac{1}{2}D$ $= 120 - 20 - 6 = 94 \text{ mm}$ $A_s = \frac{1000}{200} \cdot \frac{1}{4} \pi 12^2 = 565,7143$ $\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{565,7143}{1000 \cdot 94} = 0,00602$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 240}$ $= 0,04301$ $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,04301 = 0,0323$ $A_{s \text{ minimum}} = 0,0020 b h$ $= 0,0020 \cdot 1000 \cdot 120$ $= 240 \text{ mm}^2/\text{m} <$	“perhitungan dilakukan oleh program”

		$A_s = 565,7143 \text{ mm}^2/\text{m}'$  $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b}$ $= \frac{565,7143 \cdot 240}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000} = 7,987$  $z = d - \frac{a}{2} = 94 - \frac{7,987}{2} = 90,0067$ $M_n = A_s f_y z$ $= 565,7143 \cdot 240 \cdot 90,0067$ $= 12,220 \text{ kNm}$ $\phi M_n = 0,8 \cdot 12,220 = 9,776 \text{ kNm}$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $M_u \leq \phi M_n$	$M_u = \mathbf{8,32 \text{ kNm} <}$ $\phi M_n = \mathbf{9,776 \text{ kNm (Aman)}}$	$M_u = \mathbf{8,32 \text{ kNm} <}$ $\phi M_n = \mathbf{9,776 \text{ kNm (Aman)}}$
5.4	Daerah lapangan dalam	$M_u = 5,2 \text{ kNm} = 5,2 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$  $d = h - S_b - \frac{1}{2}D$ $= 120 - 20 - 6 = 94 \text{ mm}$  $A_s = \frac{1000}{200} \cdot \frac{1}{4} \pi 12^2 = 565,7143$  $\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{565,7143}{1000 \cdot 94} = 0,00602$  $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 20}{240} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 240}$ $= 0,04301$  $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,04301 = 0,0323$	“perhitungan dilakukan oleh program”

		$A_{s \text{ minimum}} = 0,0020 b h$ $= 0,0020 \cdot 1000 \cdot 120$ $= 240 \text{ mm}^2/\text{m}' < A_s = 565,7143 \text{ mm}^2/\text{m}'$ $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b}$ $= \frac{565,7143 \cdot 240}{0,85 \cdot 20 \cdot 1000} = 7,987$ $z = d - \frac{a}{2} = 94 - \frac{7,987}{2} = 90,0067$ $M_n = A_s f_y z$ $= 565,7143 \cdot 240 \cdot 90,0067$ $= 12,220 \text{ kNm}$ $\phi M_n = 0,8 \cdot 12,220$ $= 9,776 \text{ kNm}$	<p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p>
6.	Cek $M_u \leq \phi M_n$	$M_u = 5,2 \text{ kNm} < \phi M_n = 9,776 \text{ kNm}$ ( <b>Aman</b> )	$M_u = 5,2 \text{ kNm} < \phi M_n = 9,776 \text{ kNm}$ ( <b>Aman</b> )

## 6. Analisis Pelat Dua Arah

No.	Uraian	Hitungan Manual	Hitungan Komputer
1.	Data	<p>Lebar pelat= 5,5m, panjang pelat 7,2m, <math>w_{DL}=4,84 \text{ kPa}</math>, <math>w_{LL}=5,4 \text{ kPa}</math>, <math>f'_c=30 \text{ MPa}</math>, <math>f_y=400 \text{ MPa}</math>, tebal pelat = 180 mm, selimut beton = 20 mm, bentang ujung tepi luar tak terkekang, tumpuan arah x D10-50, lapangan arah x 10-60, tumpuan arah y D10-100, lapangan arah y D10-120, bentang dalam, tumpuan arah x D10-60, lapangan arah x 10-120, tumpuan arah y D10-110, lapangan arah y D10-150</p>	Masukkan data pada program



2.	Periksa ketebalan pelat	$d = h - s - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$ <p>Pemeriksaan tebal pelat berdasarkan syarat lendutan:</p> $\ell_{n1} \text{ arah } x = 7,2 - 2 \cdot d$ $= 7,2 - 2 (1,55) = 6,89 \text{ m}$ $\ell_{n2} \text{ arah } y = 5,5 - 2 \cdot d$ $= 5,5 - 2 (1,55) = 5,19 \text{ m}$	“perhitungan dilakukan oleh program”
3.	Periksa Lendutan	<p>ketebalan nilai <math>\alpha_m</math> belum diketahui, maka diasumsikan <math>\alpha_m &gt; 2</math></p> $\beta = \frac{6,89}{5,19} = 1,33$ $h > 90$ $h \geq \ell_n \frac{0,8 + \frac{f_y}{1500}}{36 + 9\beta}$ $= \frac{6890 \cdot 0,8 + \frac{400}{1500}}{36 + 9 (1,33)} = 153,277 \text{ mm}$ <p><math>h = 180</math> dapat dipakai.</p>	“perhitungan dilakukan oleh program”
4.	Hubungan antara balok dan pelat	$b_E = 2(h_w) + b_w$ $= 2 (320) + 300 = 940 \text{ mm}$ <p>dengan syarat panjang sayap tidak lebih dari <math>4t = 4 \cdot 180 = 720 \text{ mm}</math></p> <p><math>h_w &lt; 4t</math> , <math>320 &lt; 720</math> oke!</p>	“perhitungan dilakukan oleh program”
5.	Persamaan statis momen terhadap tepi atas	$y = \frac{((180)(940)(90)) + ((300)(320)(160 + 180))}{((180)(940)) + ((300)(320))}$ $= 180,5 \text{ mm}$ $I_b = \left(\frac{1}{12}\right)(940)(180)^3 + (940)(180)(90 - 180,5)^3 + \left(\frac{1}{12}\right)(300)(320)^3 + (300)(320)(340 - 180,5)^3 = 5104094299 \text{ mm}^4$	“perhitungan dilakukan oleh program”

6.	Rasio kekakuan balok-pelat	<p>Untuk arah memanjang bangunan</p> $I_{b1} = I_b$ $I_{s1} = \left(\frac{1}{12}\right) \cdot \ell_1 \cdot h^3 = \left(\frac{1}{12}\right) 7200 \cdot 180^3$ $= 3499200000 \text{ mm}^4$ $E_{cb} = E_{cs}$ $\alpha_1 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_{s1}} = \frac{5104094300}{3499200000} = 1,458$ <p>untuk arah melebar bangunan</p> $I_{b2} = I_b$ $I_{s2} = \left(\frac{1}{12}\right) \cdot \ell_2 \cdot h^3 = \left(\frac{1}{12}\right) 5500 \cdot 180^3$ $= 2673000000 \text{ mm}^4$ $E_{cb} = E_{cs}$ $\alpha_1 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_{s1}} = \frac{5104094300}{2673000000} = 1,91$ <p>maka</p> $\alpha_m = \left[ \left( \frac{1}{4} (1,46) (2) \right) + \left( \frac{1}{4} (1,91) (2) \right) \right]$ $= 1,684$	“perhitungan dilakukan oleh program”
7.		<p>Cek lagi dengan SNI pasal 11.5.3 b</p> $h = \ell_n \frac{0,8 + \frac{f_y}{1500}}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)}$ $= \frac{6900 \cdot 0,8 + \frac{400}{1500}}{36 + (5 (1,33) (1,69 - 0,2))}$ $= 160,3 \text{ mm} > 120 \text{ oke!!}$ <p>Jadi h = 180 mm dengan d = 150 mm dapat digunakan</p>	“perhitungan dilakukan oleh program”
8.	Menentukan beban	$w_U = 1,2 w_{DL} + 1,6 w_{LL}$ $= (1,2 \cdot 4,84) + (1,6 \cdot 5,4)$	$w_U = 14,448 \text{ kN/m}^2$

		$= 14,448 \text{ kN/m}^2$	
9.	Menentukan momen	<p>Arah memanjang</p> $M_o = \left(\frac{1}{8}\right) w_U \cdot \ell_y \cdot \ell_{nx}^2$ $= \left(\frac{1}{8}\right) 14,448 \cdot 1 \cdot 6,89^2 = 85,735 \text{ kNm}$ <p>Arah melebar</p> $M_o = \left(\frac{1}{8}\right) w_U \cdot \ell_x \cdot \ell_{ny}^2$ $= \left(\frac{1}{8}\right) 14,448 \cdot 1 \cdot 5,19^2 = 48,647 \text{ kNm}$	“perhitungan dilakukan oleh program”
10.1	Bentang ujung tumpuan dalam arah x	$M_u = 0,75 \cdot M_o$ $= 0,75 \cdot 85,735 = 64,301 \text{ kNm}$ $d = h - S_b - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$ $A_s = \frac{1000}{50} \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2 = 1571,429$ $\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1571,429}{1000 \cdot 155} = 0,0101$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 400}$ $= 0,0325$ $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$ $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$ $= \frac{1571,429 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 24,649$ $z = d - \frac{a}{2} = 155 - \frac{24,649}{2} = 142,675$	$M_u = 64,301 \text{ kNm}$  “perhitungan dilakukan oleh program”

		$M_n = A_s f_y z$ $= 1571,429 \cdot 400 \cdot 142,675$ $= 89,681 \text{ kNm}$ $\phi M_n = 0,8 \cdot 89,681$ $= 71,745 \text{ kNm}$	
	Cek $M_u \leq \phi M_n$	$M_u = \mathbf{64,3009 \text{ kNm} <}$ $\phi M_n = \mathbf{71,745 \text{ kNm (Aman)}}$	$M_u =$ $\mathbf{64,3009 \text{ kNm} <}$ $\phi M_n = \mathbf{71,745 \text{ kNm (Aman)}}$
10.2	Bentang ujung lapangan arah X	$M_u = 0,63 \cdot M_o$ $= 0,63 \cdot 85,735 = 54,013 \text{ kNm}$ $d = h - S_b - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$ $A_s = \frac{1000}{60} \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2 = 1309,524$ $\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1309,524}{1000 \cdot 155} = 0,00845$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400}$ $= 0,0325$ $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$ $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$ $= \frac{1309,524 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 20,5415$	$M_u = 54,013 \text{ kNm}$  “perhitungan dilakukan oleh program”

		$z = d - \frac{a}{2} = 155 - \frac{20,5415}{2}$ $= 144,7292$ $M_n = A_s f_y z$ $= 1309,524 \cdot 400 \cdot 144,7292$ $= 75,8105 \text{ kNm}$ $\phi M_n = 0,8 \cdot 75,8105$ $= 60,6484 \text{ kNm}$	
	Cek $M_u \leq \phi M_n$	$M_u = 54,0128 \text{ kNm} <$ $\phi M_n = 60,6484 \text{ kNm (Aman)}$	$M_u = 54,0128$ $\text{kNm} < \phi M_n =$ $60,6484 \text{ kNm}$ <b>(Aman)</b>
10.3	Bentang ujung tumpuan dalam arah y	$M_u = 0,75 \cdot M_o$ $= 0,75 \cdot 48,647 = 36,485 \text{ kNm}$ $d = h - S_b - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$ $A_s = \frac{1000}{100} \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2$ $= 785,7143$ $\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{785,7143}{1000 \cdot 155} = 0,005069$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$ $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$	$M_u = 36,485 \text{ kNm}$  “perhitungan dilakukan oleh program”

		$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{785,7143 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000}$ $= 12,3249$ $z = d - \frac{a}{2}$ $= 155 - \frac{12,3249}{2} = 148,8374$ $M_n = A_s \cdot f_y \cdot z$ $= 785,7143 \cdot 400 \cdot 148,8374$ $= 46,777 \text{ kNm}$ $\phi M_n = 0,8 \cdot 46,777$ $= 37,422 \text{ kNm}$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $M_u \leq \phi M_n$	$M_u = 36,485 \text{ kNm} < \phi M_n = 37,422 \text{ kNm}$ (Aman)	$M_u = 36,485 \text{ kNm} < \phi M_n = 37,422 \text{ kNm}$ (Aman)
10.4	Bentang ujung lapangan arah y	$M_u = 0,63 \cdot M_o$ $= 0,63 \cdot 48,647 = 30,647 \text{ kNm}$ $d = h - S_b - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$ $A_s = \frac{1000}{120} \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2 = 654,762$ $\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{654,762}{1000 \cdot 155} = 0,005069$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$	$M_u = 30,647 \text{ kNm}$ “perhitungan dilakukan oleh program”

		$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$ $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b}$ $= \frac{654,762 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 10,2708$ $z = d - \frac{a}{2}$ $= 155 - \frac{10,2708}{2} = 149,865$ $M_n = A_s f_y z$ $= 654,762 \cdot 400 \cdot 149,865$ $= 39,2503 \text{ kNm}$ $\phi M_n = 0,8 \cdot 39,2503$ $= 31,400 \text{ kNm}$	<p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p>
	Cek $M_u \leq \phi M_n$	$M_u = \mathbf{30,647 \text{ kNm}} <$ $\phi M_n = \mathbf{31,400 \text{ kNm(aman)}}$	$M_u = \mathbf{30,647 \text{ kNm}}$ $< \phi M_n = \mathbf{31,400 \text{ kNm (aman)}}$
10.5	Bentang dalam tumpuan arah x	$M_{utx} = 0,65 \cdot M_o$ $= 0,65 \cdot 85,735 = 55,727 \text{ kNm}$ $d = h - S_b - \frac{1}{2}D = 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$ $A_s = \frac{1000}{60} \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2 = 1309,52$ $\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1309,52}{1000 \cdot 155} = 0,00845$	$M_u = 55,727 \text{ kNm}$ <p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p>

		$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$ $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$ $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$ $= \frac{1309,52 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 20,542$ $z = d - \frac{a}{2}$ $= 155 - \frac{20,542}{2} = 144,729$ $M_n = A_s f_y z$ $= 1309,52 \cdot 400 \cdot 144,729$ $= 75,811 \text{ kNm}$ $\phi M_n = 0,8 \cdot 75,811$ $= 60,648 \text{ kNm}$	<p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p>
	Cek $M_u \leq \phi M_n$	$M_u = 55,727 \text{ kNm} <$ $\phi M_n = 60,648 \text{ kNm(aman)}$	$M_u = 55,727 \text{ kNm}$ $< \phi M_n = 60,648 \text{ kNm (aman)}$
10.6	Bentang dalam lapangan arah X	$M_{ulx} = 0,35 \cdot M_o$ $= 0,35 \cdot 85,735 = 30,007 \text{ kNm}$ $d = h - S_b - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$ $A_s = \frac{1000}{120} \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2 = 654,762$	$M_u = 30,007 \text{ kNm}$  <p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p>



		$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{654,762}{1000 \cdot 155} = 0,00422$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$ $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$ $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$ $= \frac{654,762 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 10,271$ $z = d - \frac{a}{2} = 155 - \frac{10,271}{2} = 149,865$ $M_n = A_s f_y z$ $= 654,762 \cdot 400 \cdot 149,865$ $= 39,250 \text{ kNm}$ $\phi M_n = 0,8 \cdot 39,250$ $= 31,400 \text{ kNm}$	“perhitungan dilakukan oleh program”
	Cek $M_u \leq \phi M_n$	$M_u = \mathbf{30,007 \text{ kNm}} <$ $\phi M_n = \mathbf{31,400 \text{ kNm(aman)}}$	$M_u = \mathbf{30,007 \text{ kNm}}$ $< \phi M_n = \mathbf{31,400 \text{ kNm (aman)}}$
10.7	Bentang dalam tumpuan arah y	$M_{uty} = 0,65 \cdot M_o$ $= 0,65 \cdot 48,647 = 31,620 \text{ kNm}$ $d = h - S_b - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$ $A_s = \frac{1000}{110} \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2 = 714,286$	$M_u = 31,620 \text{ kNm}$  “perhitungan dilakukan oleh program”

		$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{714,286}{1000 \cdot 155} = 0,00461$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 30}{400} 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$ $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$ $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$ $= \frac{714,286 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 11,205$ $z = d - \frac{a}{2} = 155 - \frac{11,205}{2} = 149,398$ $M_n = A_s f_y z$ $= 714,286 \cdot 400 \cdot 149,398$ $= 42,685 \text{ kNm}$ $\phi M_n = 0,8 \cdot 42,685$ $= 34,148 \text{ kNm}$	
	Cek $M_u \leq \phi M_n$	$M_u = \mathbf{31,620 \text{ kNm}} <$ $\phi M_n = \mathbf{34,148 \text{ kNm (Aman)}}$	$M_u = \mathbf{31,620 \text{ kNm}}$ $< \phi M_n = \mathbf{34,148 \text{ kNm (aman)}}$
10.8	Bentang dalam lapangan arah y	$M_{uly} = 0,35 \cdot M_o$ $= 0,35 \cdot 48,647 = 17,026 \text{ kNm}$ $d = h - S_b - \frac{1}{2}D$ $= 180 - 20 - 5 = 155 \text{ mm}$	$M_u = 17,026 \text{ kNm}$

		$A_s = \frac{1000}{150} \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2 = 523,81$ $\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{523,81}{1000 \cdot 155} = 0,00338$ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y}$ $= \frac{0,85 \cdot 30}{400} 0,85 \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$ $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$ $= 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$ $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$ $= \frac{523,81 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 8,217$ $z = d - \frac{a}{2} = 155 - \frac{8,217}{2} = 150,892$ $M_n = A_s f_y z$ $= 523,81 \cdot 400 \cdot 150,892$ $= 31,615 \text{ kNm}$ $\phi M_n = 0,8 \cdot 31,615$ $= 25,292 \text{ kNm}$	<p>“perhitungan dilakukan oleh program”</p>
	Cek $M_u \leq \phi M_n$	$M_u = 17,026 \text{ kNm} \leq$ $\phi M_n = 25,292 \text{ kNm (Aman)}$	$M_u = 17,026 \text{ kNm} <$ $\phi M_n = 25,292 \text{ kNm (Aman)}$

## **D. PEMBAHASAN**

### **1. Pembahasan Program**

Berdasarkan contoh dan validasi hitungan maka RC-SLAB v1.0 merupakan program yang diusulkan untuk perhitungan analisis dan perencanaan pelat beton bertulang secara cepat, tepat dan akurat berdasarkan SNI 03-2847-2002.

### **2. Cara Menggunakan Program**

Langkah – langkah menggunakan program perhitungan struktur pelat beton bertulang RC-SLAB v1.0 yaitu :

- a. Pastikan spesifikasi komputer dan kelengkapan program memenuhi untuk dijalankan, karena program tidak akan berjalan maksimal jika syarat-syarat yang dibutuhkan tidak terpenuhi.
- b. Program bersifat *portable* sehingga tidak perlu proses penginstalan terlebih dahulu.
- c. Untuk menjalankan program klik RC-SLAB.exe kemudian akan muncul menu utama.
- d. Pada menu utama terdapat 4 tombol perintah yaitu tombol perencanaan, analisis, bantuan dan keluar.

Untuk menjalankan program, pilih terlebih dahulu salah satu tombol yang ada di menu tersebut.

#### **1) Perencanaan**

Klik menu Perencanaan

Kemudian akan muncul menu perhitungan, pada menu perhitungan terdapat pilihan dua *tab* yaitu “Tumpuan Sederhana” untuk perencanaan pada tumpuan sederhana dan “Bentang Menerus” untuk perencanaan pada bentang menerus, silahkan pilih salah satu,

a) Tumpuan Sederhana

- (1) Isi data perhitungan yang dibutuhkan oleh program, jika data ada yang kosong akan muncul peringatan.
- (2) Klik “HITUNG”, kemudian akan muncul data perkiraan, isi *textbox* dengan data yang benar dan pilih kombinasi beban yang dipakai.
- (3) Klik “OK”, kemudian akan keluar hasil dari perhitungan.
- (4) Klik “BERSIHKAN”, jika menginginkan data tersebut dihapus/ dibersihkan.
- (5) Klik “CETAK”, jika menginginkan data tersebut dicetak.
- (6) Klik “KEMBALI”, jika menginginkan kembali ke Menu Utama.
- (7) Klik “KELUAR”, jika menginginkan program tersebut ditutup.

b) Bentang Menerus

- (1) Isi data perhitungan yang dibutuhkan oleh program, jika data ada yang kosong akan muncul peringatan.
- (2) Klik “PILIH JENIS TUMPUAN”, kemudian akan muncul data perkiraan untuk “pelat satu arah” atau “pelat dua arah”.

Pilih jenis tumpuan yang dipakai, isi *textbox* dengan data yang benar, pilih kombinasi beban yang dipakai.

- (3) Klik “OK”, kemudian akan keluar hasil dari perhitungan.
- (4) Klik “BERSIHKAN”, jika menginginkan data tersebut dihapus/ dibersihkan.
- (5) Klik “CETAK”, jika menginginkan data tersebut dicetak.
- (6) Klik “KEMBALI”, jika menginginkan kembali ke Menu Utama.
- (7) Klik “KELUAR”, jika menginginkan program tersebut ditutup.

## 2) Analisis

Klik menu Analisis

Kemudian akan muncul menu perhitungan, pada menu perhitungan terdapat pilihan dua *tab* yaitu “Tumpuan Sederhana” untuk analisis pada tumpuan sederhana dan “Bentang Menerus” untuk analisis pada bentang menerus, silahkan pilih salah satu.

### a) Tumpuan Sederhana

- (1) Isi data perhitungan yang dibutuhkan oleh program, jika data ada yang kosong akan muncul peringatan.
- (2) Klik “HITUNG”, kemudian akan keluar hasil perhitungan.
- (3) Klik “BERSIHKAN”, jika menginginkan data tersebut dihapus/ dibersihkan.

- (4) Klik “CETAK”, jika menginginkan data tersebut dicetak.
- (5) Klik “KEMBALI”, jika menginginkan kembali ke menu sebelumnya.
- (6) Klik “KELUAR”, jika menginginkan program tersebut ditutup.

b) Bentang Menerus

- (1) Isi data perhitungan yang dibutuhkan oleh program, jika data ada yang kosong akan muncul peringatan.
- (2) Klik “PILIH JENIS TUMPUAN”, kemudian akan muncul data perkiraan untuk “pelat satu arah” atau “pelat dua arah”. Pilih jenis tumpuan yang dipakai, isi *textbox* dengan data yang benar, pilih kombinasi beban yang dipakai.
- (3) Klik “OK”, kemudian akan keluar hasil dari perhitungan.
- (4) Klik “BERSIHKAN”, jika menginginkan data tersebut dihapus/ dibersihkan.
- (5) Klik “CETAK”, jika menginginkan data tersebut dicetak.
- (6) Klik “KEMBALI”, jika menginginkan kembali ke Menu Utama.
- (7) Klik “KELUAR”, jika menginginkan program tersebut ditutup.

3) Klik menu Bantuan

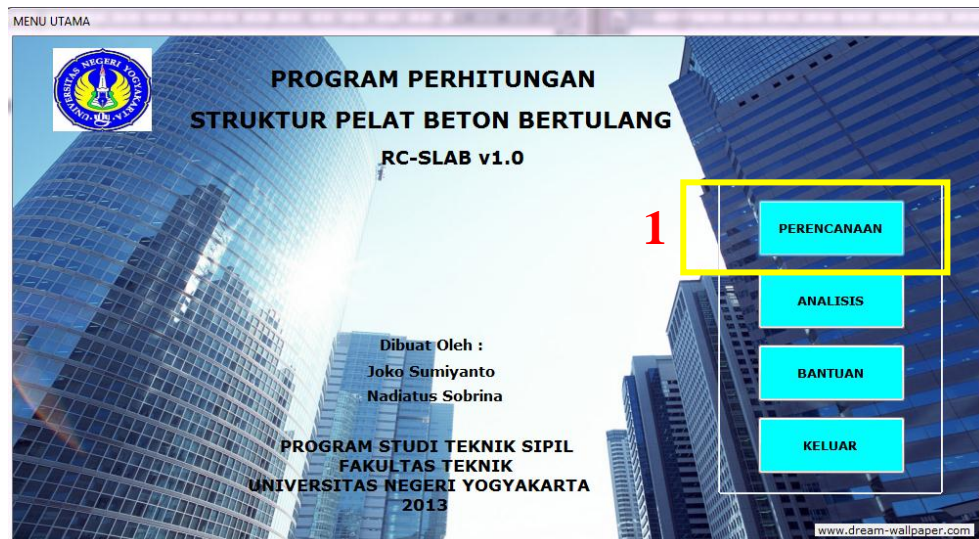
Akan muncul penjelasan mengenai langkah – langkah menggunakan program.

4) Klik menu Keluar

Program akan tertutup.

Contoh langkah-langkah mengoperasikan program RC-Slab v1

1. Pada menu utama terdapat empat tombol, pilih salah satu. (misal : perencanaan)

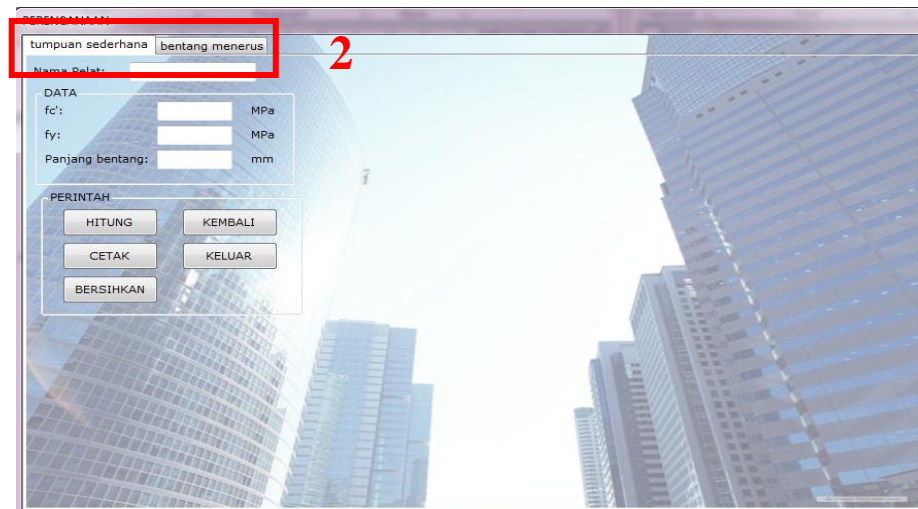


Gambar 4.7. Menu Utama

2. Masuk dalam form Perencanaan, pada form ini terdapat dua tab, yaitu tumpuan sederhana dan bentang menerus, silahkan dipilih salah satu.



(misal : tumpuan sederhana)



PERENCANAAN

tumpuan sederhana | bentang menerus

Nama Pelat:

DATA

fc': MPa

fy: MPa

Panjang bentang: mm

PERINTAH

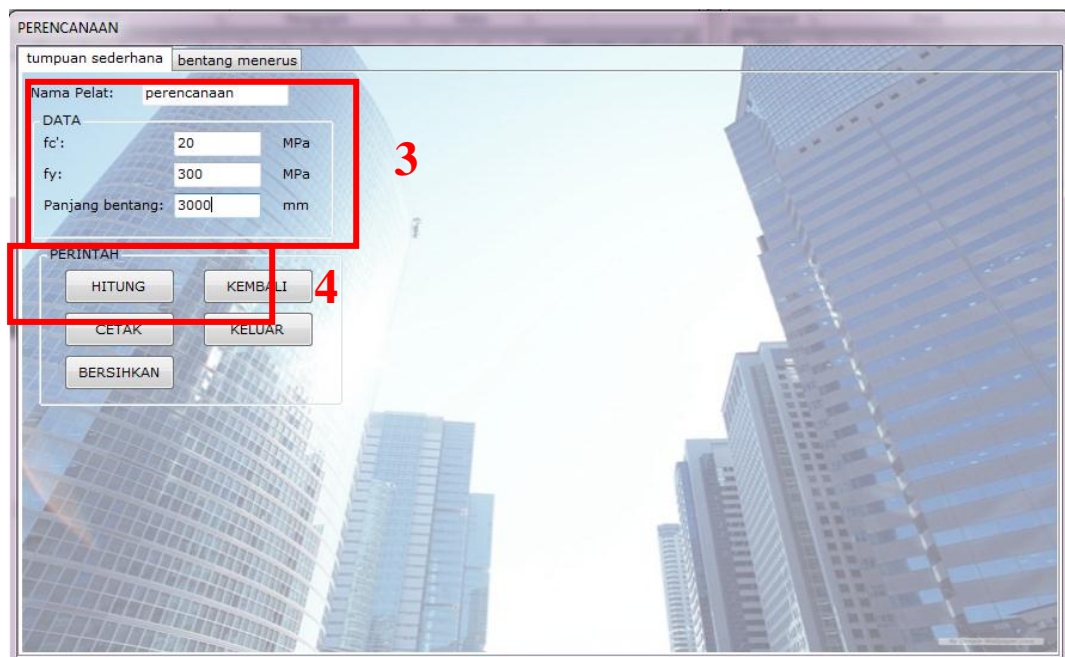
HITUNG KEMBALI

CETAK KELUAR

BERSIHKAN

Gambar 4.8. Form Perencanaan

3. Isikan data perhitungan, lalu pilih tombol “HITUNG”



PERENCANAAN

tumpuan sederhana | bentang menerus

Nama Pelat: perencanaan

DATA

fc': 20 MPa

fy: 300 MPa

Panjang bentang: 3000 mm

PERINTAH

HITUNG KEMBALI

CETAK KELUAR

BERSIHKAN

Gambar 4.9. Tampilan Program Perencanaan Pelat Beton Bertulang

4. Masukkan data perkiraan dan kombinasi beban

TUMPUAN\_SEDERHANA

PERKIRAAN

Diameter tulangan: 19 mm

Diameter tul susut suhu: 9 mm

Selimut beton: 20 mm

KOMBINASI BEBAN

1,2D+1,6L+0,5A

Beban Hidup : 16 kN/m2

Beban Mati : 3 kN/m2

Beban Atap : 0 kN/m2

Beban Angin : 0 kN/m2

Beban Gempa : 0 kN/m2

kembali oke

5

6

7

Gambar 4.10. Form Data Perkiraan dan Kombinasi Beban

5. Pilih “OKE” untuk melanjutkan proses perhitungan atau “KEMBALI” untuk kembali ke form perencanaan.

TUMPUAN\_SEDERHANA

PERKIRAAN

Diameter tulangan: 19 mm

Diameter tul susut suhu: 9 mm

Selimut beton: 20 mm

KOMBINASI BEBAN

1,2D+1,6L+0,5A

Beban Hidup : 16 kN/m2

Beban Mati : 3 kN/m2

Beban Atap : 0 kN/m2

Beban Angin : 0 kN/m2

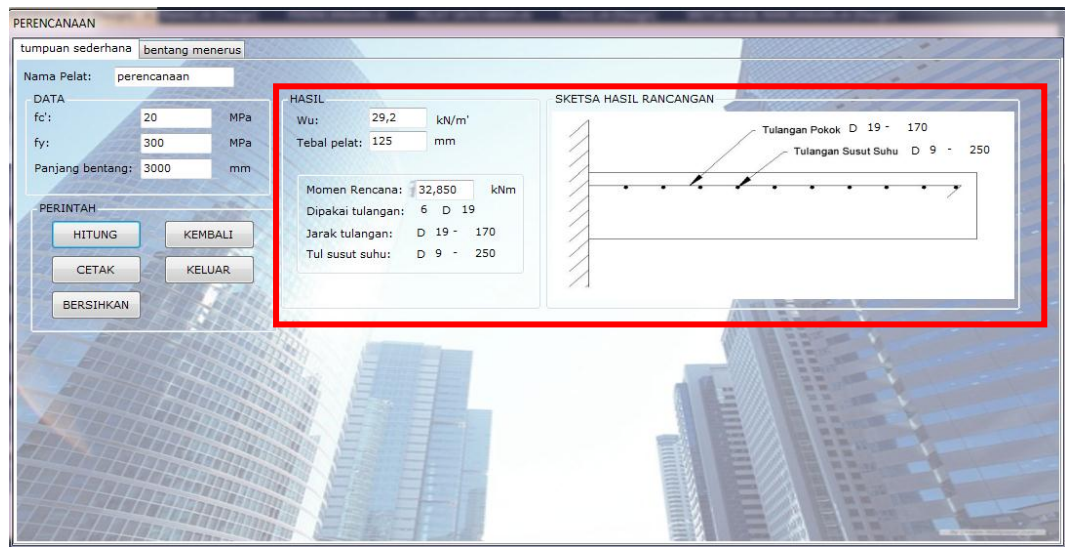
Beban Gempa : 0 kN/m2

kembali oke

8

Gambar 4.11. Form Data Perkiraan dan Kombinasi Beban

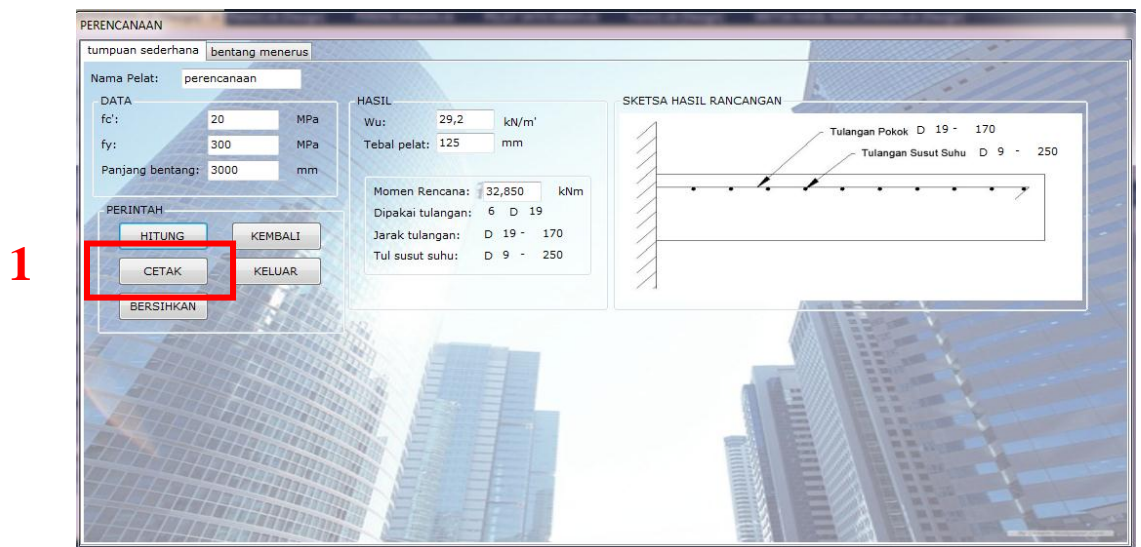
## 6. Hasil akan keluar



Gambar 4.12. Tampilan Program Perencanaan Pelat Satu Arah dengan Tumpuan Sederhana

Cara mencetak file

1. Klik tombol “CETAK” pada kolom perintah



Gambar 4.13. Tampilan Program Perencanaan Pelat Satu Arah dengan Tumpuan Sederhana

2. Pilih tombol “CETAK”.



**PERENCANAAN PELAT SATU ARAH TUMPUAN SEDERHANA**

Nama Pelat: perencanaan

**DATA**

$f_c'$ : 20 MPa  
 $f_y$ : 300 MPa  
 Panjang bentang: 3000 mm

**HASIL**

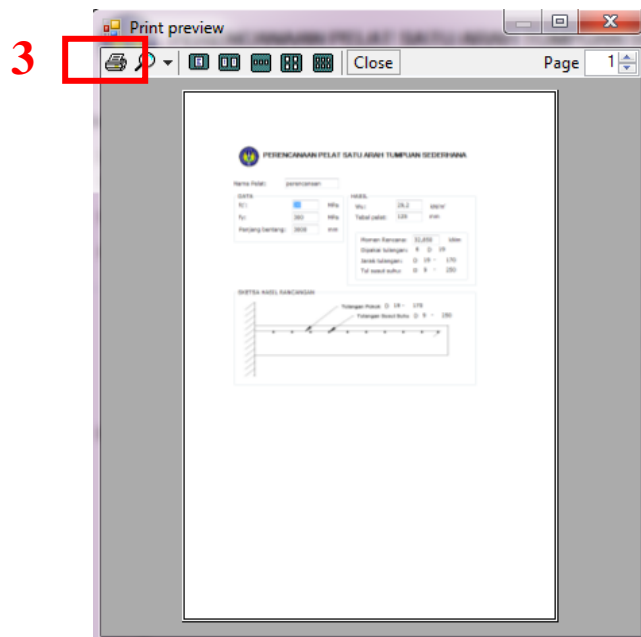
$W_u$ : 29,2 kN/m'  
 Tebal pelat: 125 mm

Momen Rencana: 32,850 kNm  
 Dipakai tulangan: 6 D 19  
 Jarak tulangan: D 19 - 170  
 Tul susut suhu: D 9 - 250

**SKETSA HASIL RANCANGAN**

Tulangan Pokok D 19 - 170  
 Tulangan Susut Suhu D 9 - 250

Gambar 4.14. Tampilan Cetak Program

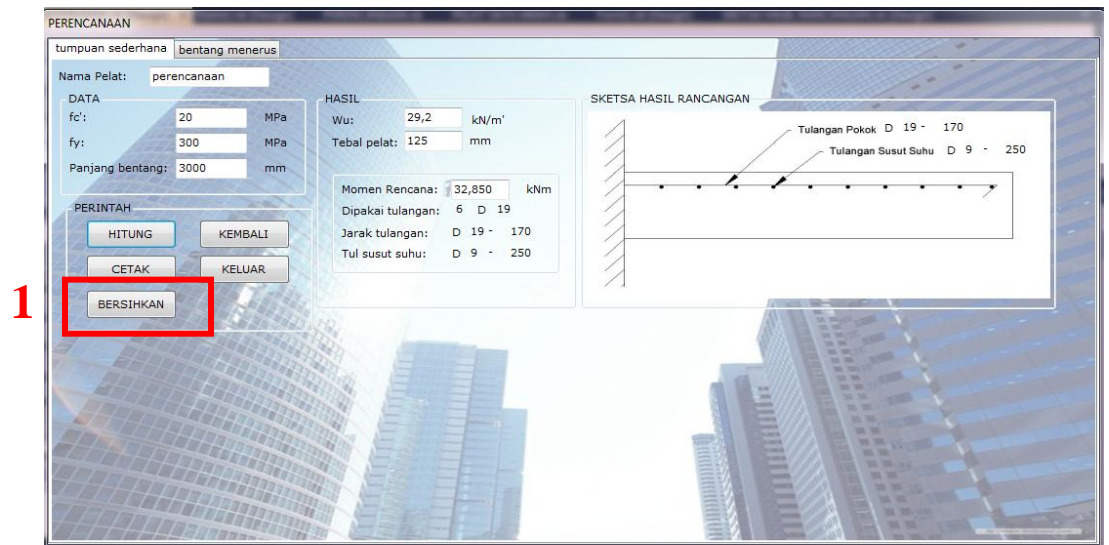


Gambar 4.15. Tampilan Hasil Cetak Program



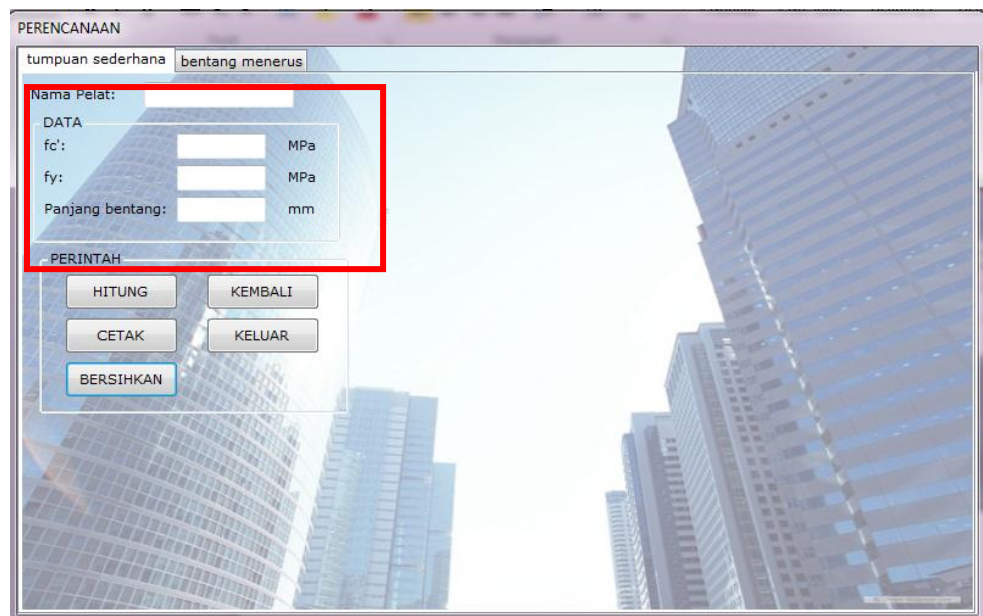
Cara membersihkan data hasil

1. Klik tombol “BERSIHKAN” pada kolom perintah



Gambar 4.16. Tampilan Program Perencanaan Pelat Satu Arah dengan Tumpuan Sederhana

2. Kosong



Gambar 4.17. Tampilan Program Perencanaan Pelat Satu Arah dengan Tumpuan Sederhana

### **3. Alasan Menggunakan Program**

Program RC-SLAB v1.0 mempunyai beberapa alasan dalam penggunaannya, yaitu :

- a. Lebih menghemat waktu dalam perhitungan jika dibandingkan dengan cara manual.
- b. Program mempunyai tingkat ketelitian yang tinggi, dibuktikan dengan selisih perhitungan 0,0 dengan perhitungan manual.
- c. Hasil perhitungan dapat langsung dicetak/*print out*.

### **4. Keterbatasan Program**

- a. Tebal pelat pada form “Perencanaan” harusnya bisa diganti atau di atur ulang untuk menyesuaikan dengan kebutuhan.
- b. Program ini belum bisa digunakan untuk masyarakat awam, paling tidak harus sudah memahami teori tentang pelat beton bertulang.
- c. Program ini dibuat sebagai program edukasi.
- d. Pada program ini hanya menyajikan sketsa hasil rancangan dengan potongan melintang.
- e. Program ini tidak dilengkapi dengan diagram tegangan dan regangan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Simpulan**

Simpulan dari program RC-SLAB v1.0 adalah :

1. Program ini dapat menjadi alternatif untuk perhitungan struktur pelat beton bertulang karena memiliki selisih perhitungan sangat kecil (0,0) dengan perhitungan manual.
2. Program memiliki proses yang lebih cepat dari perhitungan manual dan dapat digunakan sebagai alternatif untuk proses perhitungan.
3. Program cukup mudah digunakan karena penyajiannya menggunakan bahasa indonesia.
4. Data yang dimasukkan dalam program dapat dicetak secara langsung.
5. Program ini mempunyai keterbatasan dalam penyimpanan data input ataupun output.
6. Program ini masih jauh dari sempurna, sehingga diperlukan perbaikan agar lebih baik kedepannya.

#### **B. Saran**

##### **1. Untuk Pemakai**

- a. Ketelitian *input* data sangat diperlukan.
- b. Pemakai harus memperhatikan tanda pemisah angka desimal, karena program ini menggunakan tanda pemisah koma (,) bukan titik (.).

## **2. Untuk Perkembangan Program**

- a. Untuk kedepannya supaya ditambah kelengkapan Menu, seperti untuk “Menyimpan” dan “Membuka” data hasil perhitungan.
- b. Menambah variasi tumpuan, seperti jepit-sendir, sendir-jepit.
- c. Membuat satuan yang bervariasi.
- d. Membuat software yang lebih menarik dan lebih mudah dipahami.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002*. Badan Standarisasi Nasional: Indonesia
- Dipohusodo, Istimawan. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Mangkulo, Henky Alexander. (2005). *Bank Soal Visual Basic*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Nawy, Edward G. (1990). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT Eresco.
- NN. (2004). *Seri Panduan Pemrograman Visual Basic 6.0*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Pambudi, Tri (2011). *Pemrograman Komputer Untuk Perencanaan dan Analisis Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Dengan Visual Basic 6.0*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Satoto, Ginanjar Arif. (2013). *Pemrograman Komputer untuk Analisis dan Perencanaan Struktur Balok Persegi Berdasarkan SNI 03-2847-2002*. Universitas Negeri Yogyakarta

Sukarno, Mohamad. (2006). *Sistem Cepat dan Mudah Menguasai Visual Basic.NET*. Jakarta: Eska Media.

Utomo, Wahyu Budhi (2012). *Pemrograman Komputer Untuk Struktur Komposit Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Dengan Visual Basic*. Universitas Negeri Yogyakarta.

Widodo, Slamet (2008). *Handout Struktur Beton I*, Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.